



**Tielaitos**

Nina Karasmaa, Matti Pursula

# **Liikenne-ennustemallien alueellinen siirrettävyys**

Kirjallisuusselvitys

Tielaitoksen  
selvityksiä

2/1995

Helsinki 1995

S2  
Liikenteen kysyntä  
-projekti

Tielaitoksen selvityksiä  
2/1995

Nina Karasmaa, Matti Pursula

## **Liikenne-ennustemallien alueellinen siirrettävyys**

Kirjallisuusselvitys

**Tielaitos**  
S2 Liikenteen kysyntä -projekti

Helsinki 1995



ISSN 0788-3722  
ISBN 951-726-022-9  
TIEL 3200280  
Painatuskeskus Oy  
Helsinki 1995

Julkaisun kustannus ja myynti:  
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,  
painotuotepalvelut  
Telefax (90) 1487 2652

**Tielaitos**

Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde (90) 148 721

**Karasmaa,Nina, Pursula,Matti: Liikenne-ennustemallien alueellinen siirrettävyys, kirjallisuusselvitys. [The Spatial Transferability of Traffic Forecast models].** Helsinki 1995. Tielaitos, tutkimuskeskus. Tielaitoksen selvityksiä 2/1995. 100 s., TIEL 3200280, ISBN 951-726-022-9, ISSN 0788-3722.

**Aiheluokka:** 11

**Asiasanat:** liikenne-ennustemallit, siirrettävyys, logittimalli, kulkutapa

## **Tiivistelmä**

Raportissa on käsitelty liikenne-ennustemallien siirtämisessä käytettäviä menetelmiä ja referoitu erityisesti alueellista siirrettävyyttä koskevia tutkimuksia.

Liikenne-ennustemallien siirtämisestä ollaan kiinnostuneita, koska mallien ajallinen siirrettävyys on edellytys sille, että malleja voidaan käyttää ennustamiseen. Jos mallit lisäksi ovat alueellisesti siirrettäviä, voidaan liikenne-ennusteita ja niihin liittyviä selvityksiä tehdä huomattavasti helpommin ja edullisemmin kuin jos mallit jouduttai-siin joka kerta estimoimaan uudestaan.

Useimmat mallien siirtämisestä koskevat tutkimukset ovat käsitelleet kulkutapamallien siirtämisestä. Kokonaisten mallijärjestelmien siirtämisestä on kuitenkin kokeiltu mm. Ruotsissa ja Norjassa. Pääosa mallien siirrettävyyttä käsittelevistä tutkimuksista koskee logittimalleja, ja niiden siirtämisestä tässäkin raportissa käsitellään.

Tutkimusten mukaan mallit ovat siirrettävissä sitä paremmin, mitä enemmän lähtö- ja kohdealueen liikenteelliset olosuhteet vastaavat toisiaan. Yleisesti siirto onnistuu suurkaupunkien kesken ja vastaavasti ehkä myös keskikokoisten kaupunkien kesken jne. Johtopäätös Suomea ajatellen on, että meillä tulisi olla kaksi tai kolme perusmallia eri kokoisille kaupungeille esimerkiksi siten, että pääkaupunkiseudulla, Turussa ja Tampereella, joissa on melko kattavat joukkoliikenneyhteydet, käytettäisiin samoja malleja. Vastaavasti voitaisiin ajatella, että keskikokoisissa kaupungeissa (esimerkiksi Oulussa, Lahdessa, Jyväskylässä, Kuopiossa jne.) ja pienissä kaupungeissa käytettäisiin omia mallejaan. Oikean jaon löytäminen edellyttää yksityiskohtaisia tutkimuksia.

Vähimmäisvaatimuksena malleja siirrettäessä on yleensä vaihtoehtokohtaisten vakiodien uudelleen määrittäminen. Myös sosioekonomisten tekijöiden kertoimet joudutaan tavallisesti tasokorjaamaan. Sen sijaan liikennejärjestelmää kuvaavat muuttujat, kuten matka-aika ja matkakustannus kelpaavat usein sellaisenaan.

Tutkimustulokset eri haastattelumenetelmien hyvyydestä ja sopivuudesta kuhunkin tarkoitukseen ovat keskenään ristiriitaisia. Mallien siirrettävyyden kannalta tärkeää on ottaa huomioon, miten hyvin tutkimusmenetelmät lähtö- ja kohdealueella vastaavat toisiaan. Tutkimusaineistot tulisi kerätä yhdenmukaisella tavalla ja kaikissa matkaryhmissä tulisi pyrkiä yhdenmukaisiin mallirakenteisiin. Tämä tarkoittaa tiedon sisällön ja menetelmien standardointia niissä töissä, joissa liikenne-ennustemalleja käytetään. Tutkimuksella tulisi selvittää, voitaisiinko yhdellä hyvällä ja perusteellisella mallityöllä saada malli, jota voisi siirtää esimerkiksi SP-aineiston avulla tai mitä vaatimuksia siirtäminen tarkemmin asettaa aineiston keräykselle siirron kohdepaikkakunnalla.

Yhtenä uutena tutkimusnäkökulmana voisi olla nk. inkrementaalisten logittimallien siirtämisen tutkiminen. Inkrementaalisilla logittimalleilla voidaan laskea erilaisten toimenpiteiden vaikutuksia esimerkiksi liikenteen kulkutapajakaumaan, kun tunnetaan nykyiset kulkutapojen osuudet sekä valinnan hyötyfunktiot. Menetelmän etuna on, että lähtötietoa tarvitaan vain niistä muuttujista, joiden muutosten vaikutuksia tutkitaan. Näin ollen, kun siirrettävien mallien ominaisuuksista saadaan riittävästi tutkimustietoa, voidaan tutkimustarve kohdealueella määritellä sen mukaan, mihin tarkoitukseen malleja käytetään.



**Karasmaa, Nina, Pursula, Matti: Geografisk överföring av trafikmodeller, litteraturstudie**, Helsingfors 1995. Vägverket, Forskning. Tielaitoksen selvityksiä 2/1995. 100 s., TIEL 3200280, ISBN 951-726-022-9, ISSN 0788-3722.

**Nyckelord:** trafikmodeller, överförbarhet, logitmodell, färdmedel.

## Sammandrag

Rapporten behandlar metoder som används för att överföra trafikmodeller. Vidare refereras speciellt undersökningar som behandlar trafikmodellernas geografiska överförbarhet.

Överföring av trafikmodeller är intressant, därför att modellernas överförbarhet i tiden är en förutsättning för att modellerna skall kunna användas för prognoser. Om modellerna dessutom är överförbara geografiskt sett, kan man göra nödvändiga utredningar för trafikprognoser betydligt enklare och mera fördelaktigt än om man var tvungen att varje gång estimerade modellerna på nytt.

De flesta utredningar angående modellers överförbarhet har behandlat överföring av färdmedelsvalsmodeller. I bl.a. Sverige och Norge har man dock experimenterat med överföring av hela modellsystem. Största delen av de utredningar som behandlar modellers överförbarhet berör logitmodeller och så är även fallet i denna rapport.

Enligt undersökningarna är modellerna bättre överförbara ju bättre trafikförhållandena på den ursprungliga och den nya orten motsvarar varandra. Generellt lyckas överföringen mellan storstäder och på motsvarande sätt kanske också mellan medelstora städer osv. Slutsatsen med tanke på Finland är att vi borde ha två eller tre basmodeller för städer av olika storlek t.ex. så att man i huvudstadsregionen, Åbo och Tammerfors, där man har rätt goda kollektivtrafikförbindelser, skulle använda samma modell och i medelstora och små städer egna modeller. Att hitta den rätta uppdelningen förutsätter detaljerade undersökningar.

Minimikravet vid överföring av modeller är vanligen att definiera nya alternativspecifika konstanter. Vanligtvis är man också tvungen att nivåjustera koefficienterna för de socioekonomiska faktorerna. Däremot duger variablerna för trafikstandard såsom restid, reskostnad osv. vanligtvis som sådana.

Forskningsresultaten angående datainsamlingsmetoderna är motstridiga. Med tanke på modellernas överförbarhet är det viktigt att beakta hur väl undersökningsmetoderna på den ursprungliga och den nya orten motsvarar varandra. Datamaterialet borde insamlas på ett analogt sätt och man borde sträva efter enhetliga modellstrukturer för alla resgrupper. Detta innebär standardisering av datainnehåll och metoder i de arbeten, där man använder trafikmodeller. Man borde genom forskning utreda, huruvida det med ett bra och grundligt modellarbete vore möjligt att få en modell, som skulle vara överförbar med hjälp av t.ex. ett SP-material eller vilka krav överföringen närmare ställer på datainsamlingen på den nya orten.

En ny forskningssynvinkel skulle t.ex. kunna vara överföringsstudier angående inkrementala logitmodeller. Med hjälp av inkrementala logitmodeller kan man beräkna verkningarna av olika åtgärder på t.ex. färdmedelsfördelningen, då man känner till den nuvarande fördelningen samt nyttofunktionerna för valet. Fördelen med metoden är att man behöver utgångsmaterial endast för de variabler vars förändringsverkningar man undersöker. Man kan sålunda, då man får tillräcklig forskningsvetenskap om modellerna som skall överföras, bestämma undersökningsbehovet på den nya orten enligt de ändamål som överföringen av modellerna tillgodoser.

**Karasmaa, Nina, Pursula, Matti, The Spatial Transferability of Traffic Forecast Models**, Helsinki 1995. Finnish National Road Administration, Research Centre. Tielaitoksen selvityksiä 2/1995. 100 pages, TIEL 3200280, ISBN 951-726-022-9, ISSN 0788-3722.

**Key words:** traffic forecast models, model transferability, logit model, mode of travel.

## **Abstract**

This report gives a summary of methods used in updating traffic forecast models and especially transferring them from one location to another.

The transferring of traffic forecast models arouses interest because the possibility of updating the models is a precondition for the models to be used in forecasting. If the models can also be transferred spatially, the necessary research for traffic forecasts can be made with much less effort than if the models needed to be estimated over again every time.

Most research projects of transferring models have dealt with transferring mode choice models. However, transferring whole model systems has been experimented at least in Sweden and Norway. Most of the research projects concerning model transferability deal with logit models and this is also the case in this report.

The more similar the traffic conditions in the area of estimation and the area of transfer are, the better the models can be transferred. In general, transferring may succeed between large cities and thus also perhaps between middle-sized cities etc. The conclusion for Finland is that we should have two or three basic models for cities of different size so that the same models could be used for instance in Helsinki metropolitan area, in Turku, and in Tampere, which all have quite wide public transportation systems, and middle-sized and small towns would have models of their own. The right division will be found out by detailed research.

The minimum requirement of transferring models is usually redefining the constants for different alternatives. Also, socio-economic coefficients usually need parallel correction. Instead, variables describing transportation system like travel time, travel costs etc. can often be used as they are.

Scientific results of the ways of collecting research material are controversial. When transferring models it is important to consider how well the research methods in the area of estimation correspond to those in the area of transfer. The research material should be collected analogously, and consistent model structures should be used in all trip classes. This means standardizing the contents and methods of information in those projects where traffic forecasts are used. It should be studied whether one good and profound study could help to create a model which could be transferred for instance with SP-material, or what detailed claims transferring sets for the collecting of material in the destination.

A new point of view could be to study the transferring of the so called incremental logit models. They are usable in counting how different actions affect for instance the modal split of traffic when the proportions of the present models of travel and the utility functions of choice are known. The advantage of this method is that basic information is needed only of those variables whose changing is under study. Thus, when there is enough research information about the features of the models being transferred, the need of research in the target area can be defined according to the use of the models.



## Alkusanat

Tielaitoksen strategisiin projekteihin kuuluvan Liikenteen kysyntä -projektin S2 yhtenä tavoitteena on kehittää yhteistyössä eri osapuolten kanssa kaikki liikennemuodot kattava henkilö- ja tavaraliikenteen mallijärjestelmä, jota voidaan käyttää pitkän aikavälin liikennepolitiikka-, investointi- ja liikenneverk-kovaihtoehtojen vertailussa. Osana tätä selvitystyötä alueellisten mallien osalta on keväällä 1994 Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratorion kanssa käynnistetty selvitys liikenne-ennustemallien siirrettävyydestä. Jos mallit ovat alueellisesti siirrettäviä, liikenne-ennusteita ja niiden vaatimia selvityksiä voidaan tehdä huomattavasti helpommin ja edullisemmin kuin jos mallit jouduttaisiin joka kerta kehittämään alusta.

Tähän kirjallisuusselvitykseen on koottu keskeisiä aiheeseen liittyviä koti- ja ulkomaisia tutkimuksia. Raportissa on tarkasteltu liikenne-ennustemallien siirrettävyyden edellytyksiä muualla saatujen kokemusten perusteella. Lisäksi raportin alussa kuvataan liikenne-ennustemallien taustalla olevaa teoriaa sekä mallien siirtämisessä käytettäviä menetelmiä.

Selvityksen ovat Teknillisessä korkeakoulussa tehneet dipl.ins. Nina Karasmaa ja apulaisprofessori Matti Pursula. Tielaitoksen tutkimuskeskuksessa yhteyshenkilönä on ollut suunnittelija Riitta Viren.

Helsingissä tammikuussa 1995

Tielaitos  
Tutkimuskeskus

**SISÄLLYSLUETTELO**

|   |    |
|---|----|
| TIIVISTELMÄ   | 3  |
| SAMMANDRAG  | 4  |
| ABSTRACT  | 5  |
| ALKUSANAT   | 7  |
| SISÄLLYSLUETTELO  | 9  |
| KUVALUETTELO  | 11 |
| TAULUKKOLUETTELO  | 13 |
| 1. JOHDANTO   | 17 |
| 2. LOGITTIMALLIN TEORIAA  | 18 |
| 2.1 Hyödyn käsite ja hyötyfunktio                                   | 18 |
| 2.2 Simultaaninen ja asteittainen logittimalli                      | 20 |
| 2.3 Riippumattomuus epäolennaisista vaihtoehtoista                  | 21 |
| 2.4 Strukturoitu logittimalli                                       | 22 |
| 2.5 Aggregointivirheen merkitys                                     | 24 |
| 2.6 Logittimallin kertoimien estimointi                             | 26 |
| 3. LIIKENNE-ENNUSTEMALLIEN SIIRRETTÄVYYS                            | 27 |
| 3.1 Ajallinen ja alueellinen siirrettävyys                          | 27 |
| 3.2 Haastatteluaineiston laadun merkitys siirrettävyydelle          | 28 |
| 3.21 Haastattelumenetelmien vaikutus tuloksiin                      | 28 |
| 3.22 Tukholman matka-tottumustutkimus RVU 1986                      | 29 |
| 3.23 Oslon matkatottumustutkimus RVU 1990                           | 31 |
| 3.3 Liikenne-ennustemallien siirtäminen                             | 32 |
| 3.4 Liikenne-ennustemallien siirrettävyyden testaaminen             | 34 |
| 4. LIIKENNE-ENNUSTEMALLIEN SIIRRETTÄVYYDESTÄ SAATUJA KOKEMUKSIA     | 37 |
| 4.1 Malliparametrien ja -rakenteen siirrettävyys                    | 37 |
| 4.2 Mallien tasokorjaaminen ja uudelleen-estimointi                 | 38 |
| 4.3 Mallien ajallinen siirrettävyys Hollannin ajanarvotutkimuksessa | 41 |
| 4.31 Tutkimuksen suoritustapa                                       | 41 |
| 4.32 SP-mallien päivitys SP-aineistolla                             | 42 |
| 4.33 RP-mallien päivitys RP-aineistolla                             | 46 |
| 4.34 RP-mallien päivitys SP- ja RP-aineistolla                      | 48 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 4.4  | Ruotsin ja Hollannin mallien siirto Helsingborgiin                          | 50 |
| 4.41 | Yleiset periaatteet   | 50 |
| 4.42 | Työmatkamallit  | 51 |
| 4.43 | Ostosmatkamallit  | 53 |
| 4.44 | Asiointimatkamallit   | 53 |
| 4.45 | Virkistysmatkamallit  | 56 |
| 4.46 | Vierailumatkamallit   | 56 |
| 4.47 | Muiden matkojen mallit  | 56 |
| 4.5  | Helsingborgin työ- ja ostosmatkamallien siirto Osloon                       | 60 |
| 4.51 | Yleiset periaatteet   | 60 |
| 4.52 | Työmatkamallit  | 61 |
| 4.53 | Ostosmatkamallit  | 67 |
| 4.6  | Tukholman työmatkamallien siirto Trondheimiin                               | 74 |
| 4.7  | Pitkämatkaisen liikenteen kulkutapamallien<br>siirtäminen Norjasta Ruotsiin | 82 |
| 4.71 | Yleiset periaatteet   | 82 |
| 4.72 | Asiointimatkamallit   | 84 |
| 4.73 | Vierailumatkamallit   | 86 |
| 4.74 | Virkistysmatkamallit  | 88 |
| 5.   | JOHTOPÄÄTÖKSET  | 90 |
| 6.   | YHTEENVETO  | 92 |
| 7.   | LÄHDELUETTELO   | 96 |
| 8.   | KIRJALLISUUSLUETTELO  | 99 |

**KUVALUETTELO**

- Kuva 1. Logittifunktio eri  $\mu$ :n arvoilla kahden vaihtoehdon tapauksessa.
- Kuva 2. Simultaaninen logittimalli kulkutavan- ja määräpaikan valinnalle.
- Kuva 3. Asteittainen logittimalli kulkutavan- ja määräpaikan valinnalle.
- Kuva 4. Sinisen ja punaisen bussin paradoksiin liittyvät simultaaniset kulkutapamallit.
- Kuva 5. Sinisen ja punaisen bussin paradoksiin liittyvä strukturoitu kulkutapamalli.
- Kuva 6. Ennusteen aggregointivirhe.
- Kuva 7. Estimoinnista aiheutuva aggregointivirhe ennusteessa.
- Kuva 8. Tukholman kotihaastattelussa saatujen matkojen pituusjakauksen suhteelliset erot verrattuna postikyselyyn.
- Kuva 9. Tukholman matkatottumustutkimuksen matkaluvut kulkutavoitain eri kyselytavoilla.
- Kuva 10. Tukholman kotihaastattelussa saatujen matkamäärien suhteellinen ero verrattuna postikyselyyn.
- Kuva 11. Oslon matkatottumustutkimuksen matkaluvut matkaryhmittäin eri kyselytavoilla.
- Kuva 12. Kaaviokuva vaihtoehtokohtaisten vakioiden uudelleen estimoinnista.
- Kuva 13. Jönköpingissä, Göteborgissa ja Zuidvleugel-tutkimuksessa käytetyt mallirakenteet.
- Kuva 14. Helsingborgiin vuonna 1989 siirrettyjen työmatkamallien mallirakenne.
- Kuva 15. Matkojen keskipituudet Osllossa tuloluokittain eri malleilla ennustettuna.
- Kuva 16. Joukkoliikenteen matka-ajan 30 %:n kasvun vaikutus Oslon työmatkojen kulkutapajakaumaan eri malleilla ennustettuna.



- Kuva 17. Ajoneuvokustannusten 10 %:n nousun vaikutus Oslon työmatkojen kulkutapajakaumaan.
- Kuva 18. Oslon ostosmatkojen keskipituudet tuloluokittain eri malleilla ennustettuna.
- Kuva 19. Joukkoliikenteen matka-ajan 30 %:n kasvun vaikutus ostosmatkojen kulkutavan valintaan Oslossa eri malleilla ennustettuna.
- Kuva 20. Tukholman työmatkamallien mallirakenne.
- Kuva 21. Liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutus Trondheimin kulkutapajakaumaan eri malleilla ennustettuna.
- Kuva 22. Junan matka-ajan 30 %:n laskun vaikutus kulkutapajakaumiin eri malleilla ennustettuna.

**TAULUKKOLUETTELO**

- |          |     |   |
|----------|-----|---|
| Taulukko | 1.  | Hollannissa tehtyjen SP-mallien päivitys - työmatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.                           |
| Taulukko | 2.  | Hollannissa tehtyjen SP-mallien päivitys - liikematkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.                         |
| Taulukko | 3.  | Hollannissa tehtyjen SP-mallien päivitys - "muut matkat"-mallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.                     |
| Taulukko | 4.  | Hollannissa tehtyjen RP-mallien päivittäminen RP-aineistolla - työmatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.       |
| Taulukko | 5.  | Hollannissa tehtyjen RP-mallien päivittäminen RP-aineistolla - liikematkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.     |
| Taulukko | 6.  | Hollannissa tehtyjen RP-mallien päivittäminen RP-aineistolla - "muut matkat"-mallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot. |
| Taulukko | 7.  | Hollannissa tehtyjen RP-mallien päivittäminen RP - ja SP-aineistoilla - mallien hyvyyden testaus.   |
| Taulukko | 8.  | Helsingborgiin siirretyt mallit matkaryhmittäin.  |
| Taulukko | 9.  | Helsingborgiin siirrettyjen työmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.  |
| Taulukko | 10. | Helsingborgiin siirrettyjen ostosmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.  |
| Taulukko | 11. | Helsingborgiin siirrettyjen asiointimatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.   |
| Taulukko | 12. | Helsingborgiin siirrettyjen virkistysmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.  |
| Taulukko | 13. | Helsingborgiin siirrettyjen vierailumatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.   |
| Taulukko | 14. | Helsingborgiin siirrettyjen "muut matkat" mallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.  |
| Taulukko | 15. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien tasokorjauskertoimien poikkeavuus nolasta ja ykkösestä.                                 |

- |          |     |   |
|----------|-----|---|
| Taulukko | 16. | Helsingborgin ja Oslon työmatkamallien vaihtoehtokohtaisten vakioiden poikkeavuus toisistaan t-testillä mitattuna.    |
| Taulukko | 17. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.                                  |
| Taulukko | 18. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien kulkutapaosuudet eri malleilla ennustettuna.                      |
| Taulukko | 19. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien matkatuotokset eri malleilla ennustettuna.                        |
| Taulukko | 20. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien liikenteellisten muuttujien parametrit ja tasokorjauskertoimet.   |
| Taulukko | 21. | Helsingborgin ja Oslon ostosmatkamallien vaihtoehtokohtaisten vakioiden poikkeavuus toisistaan t-testillä mitattuna.  |
| Taulukko | 22. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen ostosmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.                                |
| Taulukko | 23. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen ostosmatkamallien tasokorjauskertoimien poikkeavuus nolasta ja ykkösestä.         |
| Taulukko | 24. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen ostosmatkamallien kulkutapaosuudet eri malleilla ennustettuna.                    |
| Taulukko | 25. | Helsingborgista Osloon siirrettyjen ostosmatkamallien matkatuotokset eri malleilla ennustettuna.                      |
| Taulukko | 26. | Kulikutapajakaumat Trondheimissa ja Tukholmassa.  |
| Taulukko | 27. | Autonkäyttö Trondheimissa ja Tukholmassa.   |
| Taulukko | 28. | Matkamäärät Trondheimissa ja Tukholmassa.   |
| Taulukko | 29. | Tukholman liikenne-ennustemallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.  |
| Taulukko | 30. | Tukholmasta Trondheimiin siirrettyjen työmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot.                                |
| Taulukko | 31. | Tukholman ja Trondheimin työmatkamallien vaihtoehtokohtaisten vakioiden poikkeavuus toisistaan t-testillä mitattuna.  |
| Taulukko | 32. | Tukholmasta Trondheimiin siirrettyjen työmatkamallien kulkutapaosuudet eri malleilla ennustettuna.                    |
| Taulukko | 33. | Norjan pitkämatkaisen liikenteen mallien kertoimet ja niiden merkitsevyys estimoitaessa mallit Tukholman aineistolla. |

- |          |     |   |
|----------|-----|---|
| Taulukko | 34. | Norjasta Ruotsiin siirrettyjen asiointimatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.  |
| Taulukko | 35. | Norjasta Ruotsiin siirrettyjen vierailumatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.  |
| Taulukko | 36. | Norjasta Ruotsiin siirrettyjen virkistysmatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot. |



## 1 JOHDANTO

Liikenne-ennustemallien siirrettävyydellä tarkoitetaan tiettyyn paikkaan tiettyä aikana tehdyn mallin soveltuvuutta käytettäväksi jossakin toisessa paikassa tai toisena ajankohtana. Tavallisesti liikenne-ennustemallien siirtämisellä tarkoitetaan alueellista siirrettävyyttä. Mallien ajallista siirrettävyyttä koskevissa tutkimuksissa sen sijaan puhutaan yleensä mallien päivittämistä.

Liikenne-ennustemallien siirtämisestä ollaan kiinnostuneita, koska mallien ajallinen siirrettävyys on edellytys sille, että malleja voidaan käyttää ennustamiseen. Jos mallit lisäksi ovat alueellisesti siirrettäviä, voidaan liikenne-ennusteita varten tarpeellisia selvityksiä tehdä huomattavasti helpommin ja edullisemmin kuin jos mallit jouduttaisiin joka kerta estimoimaan uudestaan. Kustannussäästöjen myötä liikenne-ennustemallien siirtäminen avaa myös uusia mahdollisuuksia mallien käyttöle.

Liikenne-ennustemallien siirrettävyyttä on Suomessa tutkittu hyvin vähän. Yhtenä syynä tutkimusten vähäisyyteen on ollut sopivan lähtöaineiston puuttuminen. Luotettavien mallien lisäksi siirrettävyyden tutkiminen edellyttää, että alueella, jonne malleja siirretään, on tehty vastaavat matkatottumustutkimukset kuin lähtöalueella, jossa mallit on estimoitu.

Ensimmäinen Suomessa tehtävä liikenne-ennustemallien ajallista siirrettävyyttä koskeva selvitys on tällä hetkellä tekeillä Oulussa, jossa vuonna 1989 tehtyjä malleja päivitetään keväällä 1994 tehdyn ruokakuntahaastattelun perusteella. Pääkaupunkiseudun mallijärjestelmän päivitys käynnistyy todennäköisesti syksyn 1995 aikana.

Mallien alueellista siirrettävyyttä on tutkittu Oulun yliopistossa vuonna 1990. Tutkimuksessa vertailtiin pääkaupunkiseudun, Jyväskylän, Oulun ja Rovaniemen seudun matkatuotomalleja. Työ osoitti liikennemallien siirrettävyyden eräin osin mahdolliseksi. Matkalukujen kuvaamisesta aluekohtaisten maankäytön muuttujien avulla ei kuitenkaan löydetty käytäntöön sovellettavia malleja.

Kokonaisten mallijärjestelmien siirrettävyyttä on tutkittu viime vuosina runsaasti mm. Ruotsissa, Norjassa ja Hollannissa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että malleja voidaan siirtää hyvin tuloksin, jos alkuperäiset mallit ovat hyviä.

Tässä selvityksessä on tarkasteltu liikenne-ennustemallien siirrettävyyden edellytyksiä näiden muualla saatujen kokemusten perusteella. Raportissa on käsitelty mallien siirtämisessä käytettäviä menetelmiä ja referoitu erityisesti alueellista siirrettävyyttä koskevia tutkimuksia. Tarkastelu on painottunut logittimalleihin, koska useimmat, varsinkin sisäistä liikennettä koskevat mallijärjestelmät, joiden siirtämisestä on kokemuksia, on tehty logittimalleja käyttäen.

## 2 LOGITTIMALLIN TEORIAA

### 2.1 Hyödyn käsite ja hyötyfunktio

Yksilömallit, myös logittimalli, perustuvat oletukseen [Ortúzar, Willumsen 1990], että yksilön todennäköisyys valita tietty vaihtoehto riippuu vaihtoehdon suhteellisesta houkuttelevuudesta ja yksilön sosioekonomisista ominaisuuksista. Malleihin liittyy oletus, että valinnan tekijä käyttäytyy johdonmukaisesti ja kykenee asettamaan tarjolla olevat vaihtoehdot järjestykseen.

Valittavissa olevan vaihtoehdon suhteellista houkuttelevuutta mitataan hyötyfunktioilla. Hyötyfunktion  $U_{in}$  ajatellaan koostuvan kahdesta osasta: deterministisestä, mitattavissa olevasta osasta  $V_{in}$  ja stokastisesta osasta  $\varepsilon_{in}$ . Vaihtoehtoon  $i$  ja henkilöön  $n$  liittyvä hyötyfunktio on siis muotoa:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}. \quad (1)$$

Hyödyn stokastisuudesta on kaksi etua. Ensinnäkin satunnaistekijän  $\varepsilon_{in}$  voidaan kuvitella sisältävän kaikki ne mittaamattomat asiat, joita deterministinen osa  $V_{in}$  ei sisällä. Ei siis tarvitse luopua oletuksesta, että ihminen valitsee aina vaihtoehdon, jonka antama hyöty on suurin. Stokastisen tekijän toinen etu on, että tilastollinen testaus on mahdollista, koska voidaan laskea vaihtoehtojen valintatodennäköisyydet.

Hyötyfunktion mitattavissa oleva osa esitetään yleensä muuttujien  $X_1, \dots, X_m$  lineaarikombinaationa seuraavasti:

$$V = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m, \quad (2)$$

*missä*  
 $\beta_1, \dots, \beta_m$  ovat estimoitavat kertoimet.

Hyötyfunktion muuttujat voidaan jakaa yleisiin (generic) ja vaihtoehtokohtaisiin (alternative specific) muuttujiin. Yleinen muuttuja esiintyy kaikkien vaihtoehtojen hyötyfunktiossa (arvo vaihtelee, mutta kerroin on sama), kun taas vaihtoehtokohtainen muuttuja on mukana vain oman vaihtoehdonsa hyötyfunktiossa.

Vaihtoehtokohtaisten vakioiden avulla kuvataan niitä valintaan vaikuttavia tekijöitä, joita muut muuttujat eivät kykene selittämään. Vaihtoehtokohtaisia vakioita voi olla hyötyfunktioissa  $l-1$  kappaletta, kun  $l$  on vaihtoehtojen lukumäärä.

Jos päätöksentekijä on rationaalinen, hän valitsee vaihtoehdon, joka tuottaa hänelle suurimman hyödyn. Tällöin yksilölle  $n$ , joka valitsee vaihtoehdon  $i$  tarjolla olevasta vaihtoehtojoukosta  $j$ , on mahdollista kirjoittaa:

$$V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}, \quad \text{missä } i \neq j. \quad (3)$$



Jos satunnaisosa tunnettaisiin, voitaisiin suoraan laskea, mikä vaihtoehto kannattaa valita, mutta koska satunnaisosaa ei tunneta, lasketaan sen sijaan tietyn vaihtoehdon valintatodennäköisyys.

Jotta malli voitaisiin estimoida, pitää tuntea satunnaistekijän jakauma. Probittimallissa oletetaan, että satunnaistermit ovat normaalijakautuneita. Probittimallin estimointi on kuitenkin hyvin hankalaa, jos vaihtoehtoja on enemmän kuin kaksi. Estimoinnin kannalta yksinkertaisemmassa logittimallissa oletetaan, että eri vaihtoehtoihin  $i$  ja eri havaintoihin (valintoihin)  $n$  liittyvät satunnaistermit  $\varepsilon_{in}$

- \* ovat toisistaan riippumattomia
- \* ovat samalla tavalla jakautuneita ja
- \* noudattavat Gumbelin jakaumaa.

Näillä oletuksilla havaintoon  $n$  liittyvä todennäköisyys  $P_{in}$  valita vaihtoehto  $i$  on [Ben-Akiva ja Lerman 1985]:

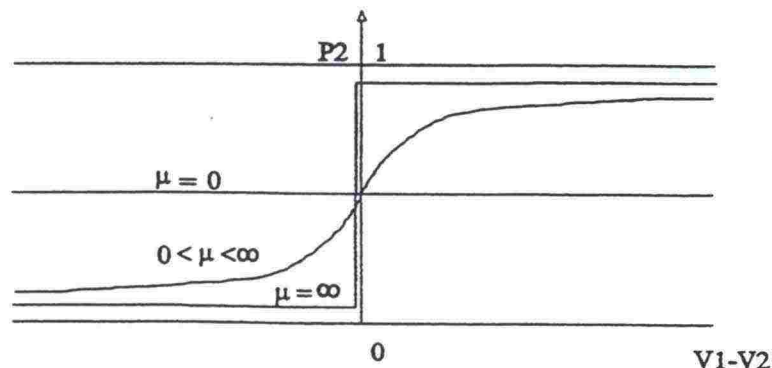
$$P_{in} = \frac{e^{\mu V_{in}}}{\sum_{j=1}^J e^{\mu V_{jn}}} \quad (4)$$

Logittimalli on siis yksilömalli, jolla ennustetaan todennäköisyyttä, jolla tietty yksilö tietyssä tilanteessa valitsee määrätyn vaihtoehdon. Vaihtoehto, jonka hyöty on suurin, saa suurimman valintatodennäköisyyden (ja valitaan).

Kaavassa muotoparametrin  $\mu$  suuruus riippuu stokastisen termin  $\varepsilon$  varianssista siten, että mitä pienempi varianssi  $\sigma^2$  on, sitä suuremman arvon  $\mu$  saa ja sitä herkempi malli on muuttujan arvon vaihtelulle. Yksinkertaisuuden vuoksi  $\mu$ :n oletetaan yleensä saavan arvon 1.

$$\mu^2 = \frac{\pi^2}{6 \text{var}(\varepsilon)} \quad (5)$$

Todennäköisyyttä, että henkilö valitsee tietyn vaihtoehdon, voidaan havainnollistaa kuvalla 1.



Kuva 1: Logittifunktio eri  $\mu$ :n arvoilla kahden vaihtoehdon tapauksessa.

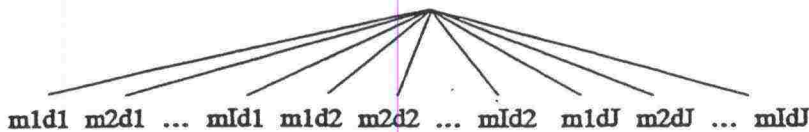
Koska käyrä on S-muotoinen, ei valintatodennäköisyys riipu lineaarisesti selittävistä muuttujista. Muuttujien vaihtelut vaikuttavat voimakkaimmin käyrän keskivaiheilla. Jos lähes kaikki yksilöt valitsevat saman vaihtoehdon samassa tilanteessa, lähestyy satunnaistekijän varianssi nollaa ja muotoparametrin  $\mu$  arvo äärettömyyttä. Tällöin puhutaan deterministisestä mallista. Jos satunnaistekin  $\epsilon$  varianssi on suuri ja muotoparametrin  $\mu$  arvo pieni, selittävät valitut muuttujat valintaa heikommin. Selittävien muuttujien vaikutus riippuu siis käyrän muodosta eli satunnaistekin  $\epsilon$  varianssista.

## 2.2 Simultaaninen ja asteittainen logittimalli

Mallinnettaessa useampia ulottuvuuksia, esimerkiksi määräpaikan ja kulkutavan valintaa samanaikaisesti, voidaan multinominen logittimalli kirjoittaa muotoon [Algers et al. 1987]:

$$P_{md} = \frac{e^{V_{md}}}{\sum_{md \in C} e^{V_{md}}} \quad (6)$$

Kyseessä on simultaaninen logittimalli, jota on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2: Simultaaninen logittimalli kulkutavan- ja määräpaikan valinnalle.

Jos kulkutavan  $m$  valintatodennäköisyys ehdolla, että on valittu määräpaikka  $d$ , on  $P_{m|d}$  ja määräpaikan valintatodennäköisyys on  $P_d$ , asteittainen logittimalli kirjoitetaan muotoon:

$$P_{md} = P_{m|d} * P_d \quad (7)$$

$$P_{m|d} = \frac{e^{V_{m|d}}}{\sum_{m \in M_d} e^{V_{m|d}}} \quad P_d = \frac{e^{V_d + \ln \sum_{m \in M_d} e^{(V_{m|d})}}}{\sum_{d \in D} e^{V_d + \ln \sum_{m \in M_d} e^{(V_{m|d})}}} \quad (8)$$

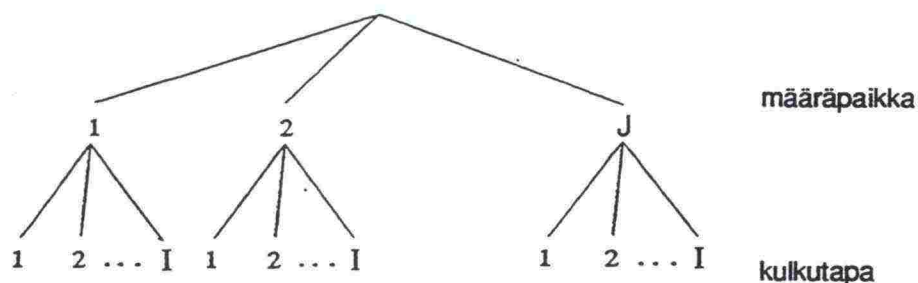
missä  $M_d$  on kaikkien mahdollisten kulkutapojen joukko määräpaikkaan  $d$ .



Lauseke 9 on kulkutavan valintamallin nimittäjän logaritmi eli logsum. Kulkutavan valintamallista saatavan logsum-muuttujan käyttö määräpaikanvalintamallissa kytkee kulkutavan ja määräpaikan valinnat toisiinsa.

$$\ln \sum_{m \in M_d} e^{(V_{m|d})} \quad (9)$$

Asteittainen logittimalli voidaan esittää kuvan 3 mukaisena puurakenteena.



Kuva 3: Asteittainen logittimalli kulkutavan- ja määräpaikanvalinnalle.

Asteittain kuvattu logittimalli voidaan estimoida simultaanisesti tai vaiheittain. Simultaanisen estimoinnin etuna on, että se hyödyntää estimoitaessa kaiken tiedon yhtäaikaaisesti. Vaiheittaisessa estimoinnissa menetetään tietoa, kun alemman tason muuttujia tarkastellaan vain valitun vaihtoehdon (määräpaikan) suhteen, joilloin muuttujien valintaa ei voida kytkeä ylemmän tason valitsematta jääneisiin vaihtoehtoihin.

### 2.3 Riippumattomuus epäolennaisista vaihtoehdoista

Logittimallin tärkeimpiä ominaisuuksia on riippumattomuus epäolennaisista vaihtoehdoista (Independence from Irrelevant Alternatives, IIA). IIA -ominaisuus tarkoittaa, että kahden vaihtoehdon valintatodennäköisyyksien suhde ei riipu muiden vaihtoehtojen hyödyn (deterministisen osan) suuruudesta.

IIA-ominaisuuden etuna on, että malli voidaan estimoida pienelle osajoukolle esimerkiksi voidaan mallintaa valintaa auton ja bussin välillä ilman että muita kulkumuotoja on pakko tarkastella. Uuden vaihtoehdon vaikutuksia voidaan tarkastella lisäämällä uusi vaihtoehto mallin nimittäjään. Haittana on, että ennuste on virheellinen, jos uusi vaihtoehto muistuttaa ominaisuuksiltaan liikaa jo olemassa olevia vaihtoehtoja. Tästä esimerkkinä on sinisen ja punaisen bussin paradoksi.



Kuva 4: Sinisen ja punaisen bussin paradoksiin liittyvät simultaaniset kulkutapamallit.

Oletetaan, että auton ja bussin valintatodennäköisyydet ovat alunperin

$$P_{\text{auto}} = 1/2 \text{ ja } P_{\text{bussi}} = 1/2.$$

Otetaan nyt liikenteeseen uusia busseja, jotka ovat väriä lukuun ottamatta täysin samanlaisia kuin vanhat bussit (palvelutaso ei siis parane). Uudet bussit korvaavat puolet vanhojen sinisten bussien liikenteestä.

Koska matkustaja varmaankin pitää bussivaihtoehtoja yhtenä, voisi olettaa, että vain sinisen bussin valintatodennäköisyys muuttuu eli valintatodennäköisyyksien pitäisi olla:

$$P_{\text{auto}} = 1/2, P_{\text{pun. bussi}} = 1/4 \text{ ja } P_{\text{sin. bussi}} = 1/4.$$

Riippumattomuus epäolennaisista vaihtoehtoista kuitenkin johtaa siihen, että simultaanista logittimallia käytettäessä sinisen bussin ja henkilöauton valintatodennäköisyyden suhde säilyy samana, jolloin valintatodennäköisyydet ovat:

$$P_{\text{auto}} = 1/3, P_{\text{pun. bussi}} = 1/3 \text{ ja } P_{\text{sin. bussi}} = 1/3.$$

Logittimallissa vaihtoehdot eivät siis saa olla ominaisuuksiltaan liian lähellä toisiaan. Satunnaistermien  $\varepsilon$  riippumattomuus onkin paljon rajoittavampi oletus kuin satunnaistermien jakauma. Logittimallissa vaihtoehdon kuvitellaan muodostuneen suuresta joukosta alivaihtoehtoja. Probittimallin satunnaistermit ovat normaali-jakautuneita, joten hyödyn stokastinen osa on tavallaan luke-mattomien komponenttien summa.

Joissakin tapauksissa on tarpeen mallintaa valintoja, joissa osa vaihtoehtoista on joiltakin ominaisuuksiltaan samankaltaisia. Tällöin vaihtoehtojen voidaan kuvitella muodostavan puumaisen struktuurin, jossa samankaltaiset vaihtoehdot haarautuvat keinotekoisesta vaihtoehdosta. Tällaisessa strukturoidussa mallissa IIA-ominaisuus ei välttämättä toteudu haarojen välillä, mutta toteutuu aina kunkin tason sisällä.

## 2.4 Strukturoitu logittimalli

Strukturoitu logittimalli (nested logit model) voidaan yleistää tapauksiin, joissa ulottuvuuksia on kolme tai enemmän (esimerkiksi kulkutapa, määräpaikka, reitti).

Tarkastellaan aiemmin esitetyn esimerkin pohjalta jälleen määräpaikan ja kulkutavan valintaa. Hyötyfunktio on muotoa:

$$U_{dm} = V_m + V_{dm} + V_d + \varepsilon_m + \varepsilon_{dm} + \varepsilon_d, \quad (10)$$

missä

|                    |   |   |
|--------------------|---|---|
| $V_m$              | = | kulkutapaan liittyvä hyötykomponentti                             |
| $V_d$              | = | määräpaikkaan liittyvä hyötykomponentti                           |
| $V_{dm}$           | = | hyötykomponentti, joka liittyy määräpaikka-kulkutapakombinaatioon |
| $\varepsilon_{..}$ | = | vastaavat satunnaisosat.  |

Esimerkissä  $\varepsilon_{dm}$  on nyt satunnaistermi, joka riippuu sekä määräpaikasta että kulkutavasta.



Kun kulkutavan valinta on mallinnettu alimmalla tasolla on määräpaikan valintatodennäköisyys [Algers et al. 1987]:

$$P_d = \frac{e^{V_d + W \ln \sum_{m \in M_d} e^{V_{m|d}}}}{\sum_{d \in D} e^{V_d + W \ln \sum_{m \in M_d} e^{V_{m|d}}}} \quad P_{m|d} = \frac{e^{V_{m|d}}}{\sum_{m \in M_d} e^{V_{m|d}}} \quad (11)$$

Malli eroaa simultaanisesta ja asteittain kuvatusta logittimallista ainoastaan parametrin  $W$  (logsum-kerroin) suhteen.  $W$  kuvaa strukturoidussa mallissa vaihtoehtojen samankaltaisuutta, ja se estimoidaan kuten muutkin parametrit. Malli voidaan estimoida simultaanisesti tai vaiheittain.

$W$ :n suuruus riippuu satunnaistermien variansseista seuraavasti (ol.  $\epsilon_m = 0$ ):

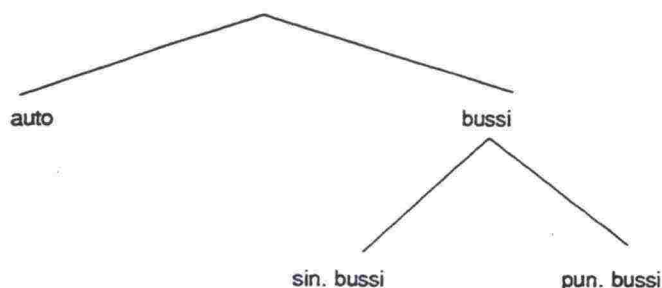
$$W = \sqrt{\frac{\text{var}(\epsilon_{dm})}{\text{var}(\epsilon_d) + \text{var}(\epsilon_{dm})}} = \frac{\mu_d}{\mu_m} \quad (12)$$

Jos  $W$  saa arvon yksi, malli on identtinen simultaanisen ja asteittaisen mallin kanssa. Kun  $W$  on nollan ja yhden välillä, ei mallin eri tasojen välillä ole IIA- ominaisuutta. Kunkin tason sisällä IIA-ominaisuus on edelleen olemassa.

Jos  $W$ :n arvo on yli yhden, malli on virheellinen. Tällöin ristijoustot vaihtoehtojen kesken voivat tulla positiivisiksi, jolloin tietyn vaihtoehdon parantaminen saattaa mallissa johtaa myös toisen vaihtoehdon valintatodennäköisyyden kasvamiseen.

Strukturoiduissa malleissa logsum-muuttujan kerroin riippuu jäännöstermien variansseista. Tämä tarkoittaa, että ne valintapäätökset, joissa varianssi on suuri, sijoitetaan yleensä struktuurin ylätasolle. Mallin struktuuri kuvaa siis myös sitä kuinka hyvin eri valintapäätökset pystytään selittämään. Se ei ota kantaa siihen missä järjestyksessä kyseiset päätökset käytännössä tehdään.

Kuvassa 5 on esitetty strukturoitu mallirakenne punaisen ja sinisen bussin tapauksessa.

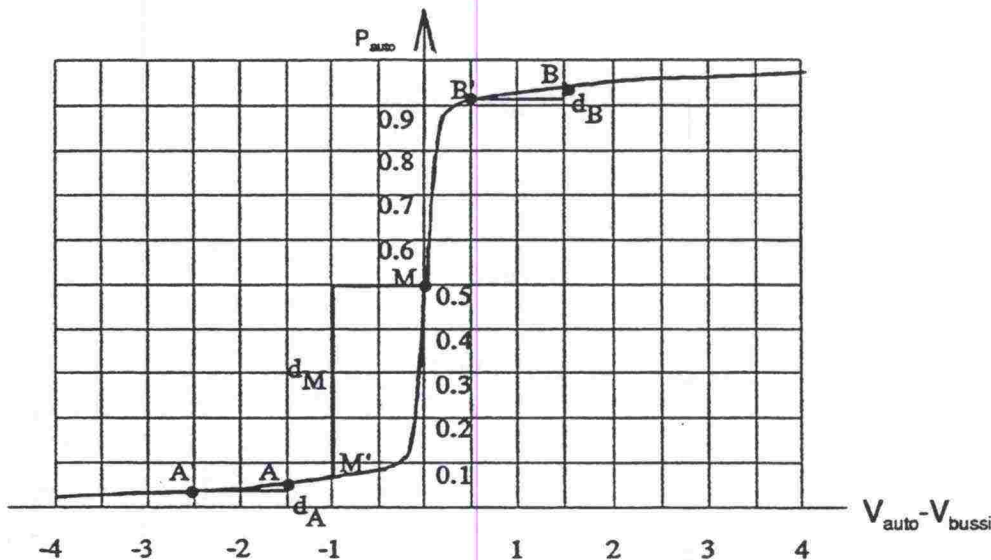


Kuva 5: Sinisen ja punaisen bussin paradoksiin liittyvä strukturoitu kulkutapamalli.

Kuten aiemmin todettiin, simultaanisessa mallissa ( $W=1$ ) bussien valintodennäköisyydet tulivat liian suuriksi. Virhettä on nyt korjattu sijoittamalla valinnat kahdelle tasolle. Ylemmällä tasolla mallissa ovat muuttujat, jotka selittävät valintaa auton ja bussin välillä (esimerkiksi matka-ajat ja matkakustannukset) ja alemmalla tasolla muuttujat, jotka selittävät valintaa bussivaihtoehtojen kesken. Jos mallirakenne on järkevä, parametri  $W$  saa jonkin arvon nollan ja yhden väliltä.

## 2.5 Aggregointivirheen merkitys

Seuraavassa on käsitelty virhettä, joka aiheutuu, kun malleja estimoitaessa ja ennusteita tehtäessä käytetään aluekeskiarvoja (mm. matka-ajat, matkakustannukset). Tarkastellaan aluksi tilannetta, jossa mallit on estimoitu disaggregoidusta lähtöaineistosta [Ortúzar ja Willumsen 1990]:



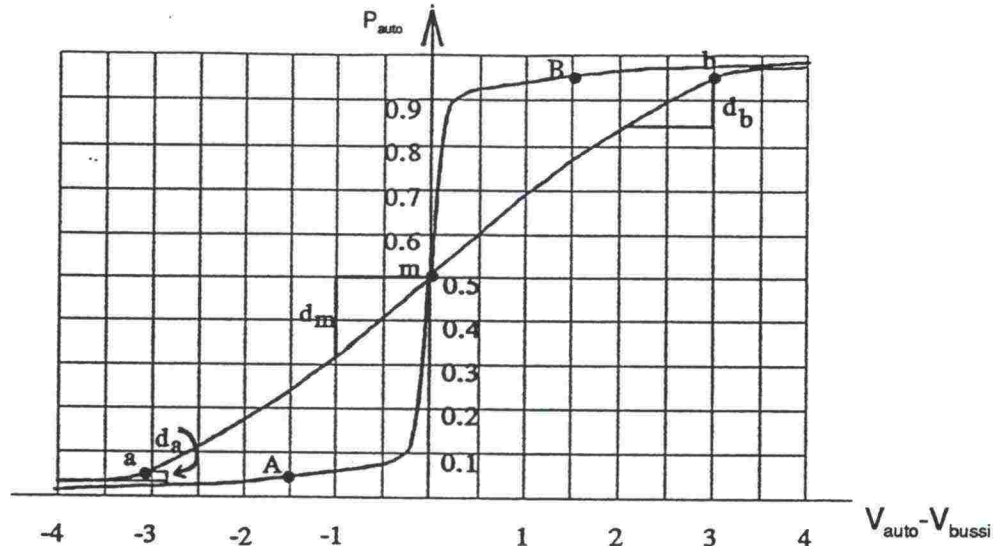
Kuva 6: Ennusteen aggregointivirhe [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Kuvaan 6 on merkitty kolme henkilöä A, B ja M, joille jokaiselle henkilöauton hankittavuus suhteessa joukkoliikenteeseen on erilainen. Kuvasta nähdään, että sekä A:lle että B:lle pienellä hyödynmuutoksella on vähäisempi merkitys kuin M:lle, jolle henkilöauto- ja joukkoliikennevaihtoehdot ovat suunnilleen samanarvoiset

Oletetaan, että M on A:n ja B:n hyötyjen keskiarvo. Jos nyt A:n, B:n ja M:n hyötyfunktio lasketaan yksilöllisten arvojen sijasta vastaavien osa-aluekeskiarvojen perusteella ja kullakin alueella hyötyfunktioiden erotus tämän vuoksi muuttuu yhdellä yksiköllä, saavat A, B ja M uudet arvot, jotka ovat A', B' ja M'. Muutosta on kuvassa merkitty  $d_A$ :lla,  $d_B$ :llä ja  $d_M$ :llä. Muutoksen seurauksena A:n todennäköisyys valita auto vähenee 2 %, B:llä se vähenee 4 % ja M:llä 44 %. Toisaalta keskiarvo A:n ja B:n vähenemälle olisi 3 %, mikä on vain murto-osa M:n muutoksesta. Tätä poikkeamaa, joka aiheutuu, kun yksilöllisten arvojen asemesta käytetään keskiarvoja, kutsutaan aggregointivirheeksi. Aggregointivirheen seurauksena hyödyn muutoksia saatetaan voimakkaasti yli- tai aliarvioida.



Kuvassa 7 on esitetty vastaava tilanne, kun aluekeskiarvoja on käytetty myös malleja estimoitaessa.



Kuva 7: Estimoinnista aiheutuva aggregointivirhe ennusteessa [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Ryhmäkeskiarvojen perusteella estimoitu valintafunktio on edellistä loivempi. Kuten edellä, jokaisen hyötyfunktion arvoa on vähennetty yhdellä. Valintatodennäköisyyksien muutoksia on nyt merkitty  $d_a$ :lla,  $d_b$ :llä ja  $d_m$ :llä. Muutoksen seurauksena A:n todennäköisyys valita auto vähenee 2 %, B:llä se vähenee 10 % ja M:llä 18 %. Keskiarvo A:n ja B:n vähenemälle on 6 %. Myös tässä tapauksessa muutoksen todellinen vaikutus ylikorostuu, mutta ero on pienempi kuin disaggregoitua lähtöaineistoa käytettäessä.

Algersin, Collianderin ja Widlertin [1987] mukaan aggregointivirhettä voidaan vähentää:

- \* Jakamalla yksilöt homogeenisiin ryhmiin (segmentteihin), joissa kaikilla yksilöillä on sama hyötyfunktion arvo. Tällaisia segmenttejä voivat olla esimerkiksi
  - matkavähennysoikeus (on / ei)
  - ilmaispysäköintimahdollisuus (on / ei)
  - pysäköinti ja matkavähennys
  - pitkä tai lyhyt joukkoliikenteen ajoaika
  - vähennykset, pysäköinti ja ajoaika.

Erityisesti verotukseen liittyvän matkavähennysoikeuden huomioon ottaminen on tärkeää, koska valintatilanne henkilöillä, jotka voivat tehdä matkavähennyksen, on aivan erilainen kuin muilla henkilöillä.

- \* Toinen tapa on käyttää otosenumeraatiota, jolloin ennuste tehdään yksilötasolla eikä aggregointivirhettä synny. Menetelmän haittana on sen kalleus - taloudellisesti on usein mahdotonta saada riittävän isoa otosta.

- \* Lisäksi voidaan käyttää erilaisia tilastollisia menetelmiä, jotka ottavat huomioon muuttuja-arvojen jakautumisen aineistossa.

## 2.6 Logittimallin kertoimien estimointi [Ben-Akiva ja Lerman 1985]

Logittimallin kertoimien estimointi tapahtuu yleisimmin suurimman uskottavuuden (= maximum-likelihood) menetelmällä. Menetelmän perusajatuksena on valita tuntemattomat parametrit siten, että saatu otos on mahdollisimman todennäköinen. Tämä tapahtuu maksimoimalla mallilla laskettujen todennäköisyyksien tulo otannassa oleville yksilöille.

Suurimman uskottavuuden funktio on muotoa:

$$L^* = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C_n} P_{in}^{y_{in}}, \quad (13)$$

missä  $y_{in} = 1$ , jos yksilö  $n$  valitsee vaihtoehdon  $i$   
 $y_{in} = 0$ , jos yksilö  $n$  valitsee vaihtoehdon  $j \neq i$ .

Ratkaisun helpottamiseksi uskottavuusfunktio useimmiten logaritmoidaan. Jos hyötyfunktio on lineaarinen, on log-uskottavuusfunktio:

$$L = \sum_{n=1}^N \sum_{i \in C_n} y_{in} (\beta' x_{in} - \ln \sum_{j \in C_n} e^{\beta' x_{jn}}), \quad (14)$$

missä  $\beta' x_{in} = \beta^T x_{in} = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{ink}$  on hyötyfunktion deterministinen osa.

Maksimissa uskottavuusfunktion ensimmäisten osittaisderivaattojen hyötyfunktion parametrien suhteen on välttämättä oltava nolla. Maksimointi tapahtuu iteratiivisesti esim. Newton-Raphson menetelmällä.

Suurimman uskottavuuden estimaatit ovat

- \* tarkentuvia
- \* asympotoottisesti normaalijakautuneita ja
- \* asympotoottisesti tehokkaita (estimaattien varianssi pienin mahdollinen).

Strukturoidut mallit voidaan haluttaessa estimoida simultaanisesti esimerkiksi hollantilaisella Alogit-ohjelmalla.



### 3 LIIKENNE-ENNUSTEMALLIEN SIIRRETTÄVYYS

#### 3.1 Ajallinen ja alueellinen siirrettävyys

Liikenne-ennustemallien siirrettävyydellä tarkoitetaan tiettyyn paikkaan tiettyinä aikana tehdyn mallin soveltuvuutta käytettäväksi jossakin toisessa paikassa tai toisena ajankohtana. Jotta mallit voivat olla siirrettäviä, tulee mallin parametrien olla mahdollisimman vakaita sekä ajan että paikan suhteen. Malleja siirrettäessä on myös varmistuttava, että mallien taustalla oleva teoria tukee siirtämistä ja että mallirakenne on siirrettävä.

Hansen [1981] sekä Brand ja Cheslow [1981] luokittelevat liikenne-ennustemallien siirrettävyyden

- \* mallien taustalla olevan teorian, kuten esimerkiksi päätöskriteerin (hyödyn maksimointi) siirrettävyyteen
- \* eri mallityyppien (esimerkiksi logittimalli) siirrettävyyteen
- \* mallimääritelmien (esimerkiksi liikenteelliset muuttujat) siirrettävyyteen ja
- \* muuttujaparametrien siirrettävyyteen.

Logittimallien siirrettävyyttä tutkittaessa oletetaan yleensä, että kaksi ensimmäistä ehtoa täyttyvät ja kahta jälkimmäistä kohtaa testataan.

Kiinnostus mallien siirtämistä kohtaan johtuu mm. siitä, että mallin ajallinen siirrettävyys on edellytys sille, että mallia voidaan käyttää ennustamiseen. Jos mallit lisäksi ovat alueellisesti siirrettäviä, voidaan liikenne-ennusteisiin liittyviä selvityksiä tehdä huomattavasti helpommin ja edullisemmin kuin jos mallit jouduttaisiin joka kerta estimoimaan uudestaan.

Mallien ajallisella siirrettävyydellä tarkoitetaan aiemmin tehtyjen mallien parametrien uudelleen arviointia huomattavasti alkuperäisotosta pienemmän otoksen perusteella.

Päivitysmenetelmiä ovat mm. entropian maksimointi, informaation minimointi, suurimman uskottavuuden ja Bayesin mallit. Bayesin menetelmässä [Ather-ton ja Ben-Akiva 1976 sekä Abdelwahab 1991] olemassa olevan mallin muuttujien kertoimet yhdistetään pienen näytteen perusteella saatuihin uusiin kertoiimiin. Menetelmän käytön edellytyksenä on, että muuttujat ovat satunnaisia ja normaalijakautuneita.

Alueellista siirrettävyyttä voidaan tutkia vertaamalla kahdella eri paikkakunnalla tehtyjä malleja (esim. Washington D.C. ja Los Angeles) tilastollisesti toisiinsa. Nollahypoteesi on tällöin mallien identtisyys ja perusajatuksena on tutkia olisiko olemassa jotain yleistä mallia, joka toimisi kaikkialla. Pääsääntöisesti on todettu, ettei tällaista yleispätevää mallia voi olla olemassa.

Toinen tapa on ajatella, että mallit ovat arvioita todellisuudesta. Tällöin ollaan kiinnostuneita siitä, voidaanko jonkin tietyn toimenpiteen vaikutuksia nykytilanteessa selittää jo aiemmin jossakin muualla tehdyillä malleilla. Siirretyn mallin ei tällöin tarvitse olla "oikea" uudessa kohteessa, vaan riittää, että sitä voidaan käyttää mahdollisimman hyvin hyödyksi.

Riippumatta siitä siirretäänkö malleja vai tehdäänkö kokonaan uusia malleja, liikennemallien siirrettävyyden tutkiminen edellyttää, että alueella, jonne malleja siirretään, on tehty vastaavat matkatottumustutkimukset kuin lähtöalueella. Ero on aineiston määrässä ja siinä kuinka tarkkaa sen täytyy olla. Liikennemallin täydellinen uudelleen estimointi vaatii 2-4 kertaa enemmän haastatteluja kuin vaativastikin toteutettu mallin siirtäminen.

### **3.2 Haastatteluaineiston laadun merkitys siirrettävyydelle**

#### **3.2.1 Haastattelumenetelmien vaikutus tuloksiin**

Yleisin tapa yksilön tapojen ja tottumusten sekä taustatietojen selvittämiseksi on tehdä haastattelututkimus, jossa henkilöltä kysytään suoraan tiettyjä matkustamiseen liittyviä kysymyksiä ja hänen taustatietojansa. RP-menetelmällä (Revealed Preference) tehdyissä haastatteluissa matkatiedot hankitaan tarkastelemalla matkustajien käyttäytymistä ja haastatteleamalla liikkuja todellisissa matkustustilanteissa. SP-menetelmät (Stated Preference) tarjoavat mahdollisuuden arvioida liikkujien käyttäytymistä silloinkin, kun kyseessä olevaa järjestelmää ei ole vielä edes olemassa.

Otoksen valintatavasta ja kysymysten kohdistamisesta riippuen puhutaan joko ruokakunta- tai henkilöhaastattelusta. Ruokakuntahaastattelussa perusjoukon muodostavat tutkimusalueen taloudet, joilta kysytään koko taloutta koskevia kysymyksiä. Henkilöhaastattelussa perusjoukon muodostavat kaikki tutkimusalueella asuvat henkilöt.

Haastattelu voidaan tehdä monella menetelmällä. Yleisesti käytössä ovat postikysely ja puhelinhaastattelut. Harvemmin käytetty, mutta tulosten kannalta paras vaihtoehto on kotihaastattelu. Menetelmästä riippuen tulokset voivat poiketa toisistaan hyvinkin paljon.

Epävarmuutta tuloksiin aiheuttavat myös tutkimukseen vastaamatta jättäneet henkilöt. Brögin ja Meyburgin [1981] mukaan henkilökohtaisista haastattelututkimuksista saattavat jäädä pois paljon matkoja tekevät, koska heitä on vaikeampi tavoittaa tai heillä on niin kiire, että he kieltäytyvät haastattelusta. Postikyselyssä matkojen määrä taas helposti tulee liian suureksi, koska henkilöt, jotka eivät tee matkoja, eivät myöskään vastaa kyselyyn.

Toisaalta Osllossa vuonna 1990 tehdyn henkilöhaastattelun matkaluku oli noin 40 % postikyselyssä saatua korkeampi. Tämän katsottiin johtuvan siitä, että henkilöhaastattelussa kävely- ja pyöräilymatkat olivat postikyselyä paremmin edustettuina [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Myös tutkimusajalla on havaittu olevan vaikutusta tuloksiin [Brög ja Meyburg 1981]. Tämän on arveltu johtuvan liikenteen kausivaihtelusta eri vuodenaikoina. Runsaasti liikkuvat ihmiset, jotka vastaavat syksyllä ja talvella tehdyissä tutkimuksissa ensimmäisten joukossa ehtivät vastaamaan tutkimuksiin keväällä ja kesällä vasta useiden muistutusten jälkeen. Näin ollen heidän vaikutuksensa ei tule huomioonotetuksi, jos tutkimuksen palautusprosentti jää alhaiseksi.

Seuraavassa on arvioitu kyselytutkimusten avulla saatua tietoa kahden esimerkin avulla.

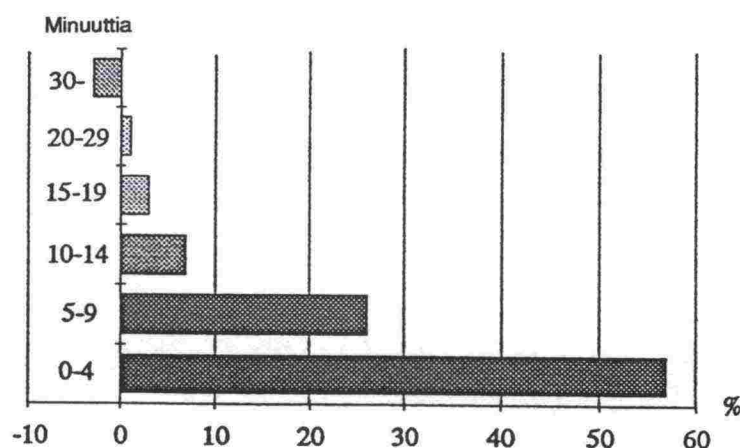


### 3.2.2 Tukholman matkatottumustutkimus RVU 1986

Tukholmassa vuosina 1986-87 tehty tutkimus koostui kotitalous- ja henkilöhaastatteluista. Kotitaloushaastattelussa [Rosenqvist 1991] haastateltiin noin 3000 kotitalouden kaikki yli 12-vuotiaat perheenjäsenet (noin 6 500 henkilöä). Vastausprosentti oli 80 %. Koska kotitaloushaastattelu tehtiin henkilökohtaisessa kontaktissa paikan päällä, käytetään siitä jatkossa nimeä "kotihaastattelu". Postikyselynä tehdyssä haastattelussa [Mouwitz 1992] haastateltiin noin 30 000 12-74 vuotiasta henkilöä. Kyselyn lisäksi haastateltavia pyydettiin täyttämään matkapäiväkirja. Postikyselyyn vastasi 77 % haastatelluista.

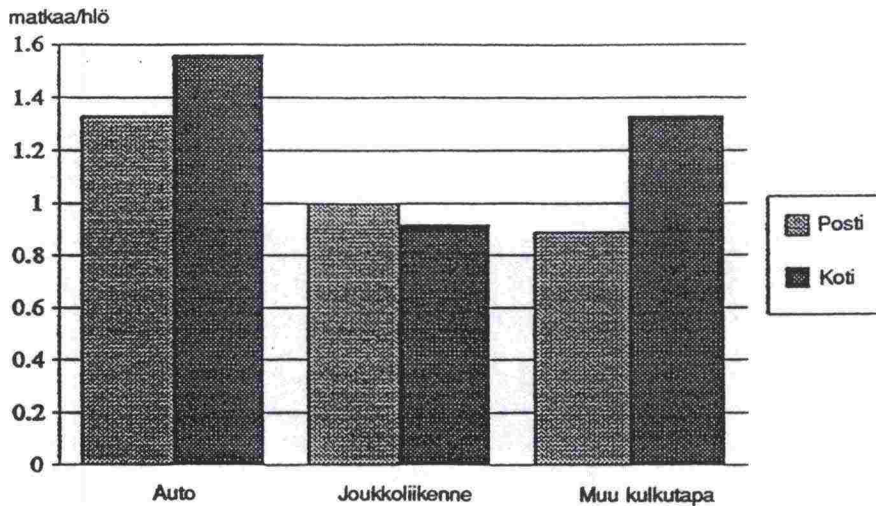
Vähintään yhden matkan tehneitä oli molemmissa tutkimuksissa yhtä paljon. Keskimääräinen matkaluku oli kotihaastattelussa 4,37 ja postihaastattelussa 3,73. Jos mukaan lasketaan henkilöt, jotka oman ilmoituksensa mukaan eivät tehneet yhtään matkaa, ovat vastaavat luvut 3,71 ja 3,21.

Matkojen pituusjakaumassa suurimmat erot olivat alle viiden minuutin matkoilla. Kotihaastattelussa alle 5 minuuttia kestäneiden matkojen osuus oli 57 % suurempi kuin postikyselyssä (kuva 8).



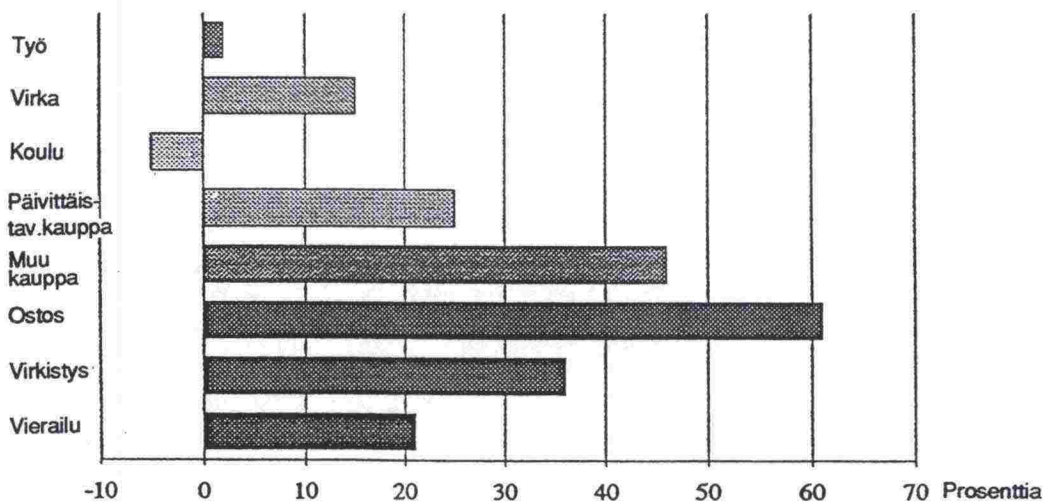
Kuva 8: Tukholman kotihaastattelussa saatujen matkojen pituusjakauman suhteelliset erot verrattuna postikyselyyn [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Henkilöautomatkojen määrä henkilöä kohti oli kotihaastattelussa 17 % ja pyörä- ja kävelymatkojen määrä 42 % suurempi kuin postikyselyssä. Tämä on luonnollista, kun tiedetään, että lyhyet matkat (pyöräily + kävely) jäävät postikyselystä helposti pois. Sen sijaan joukkoliikennematkojen määrä oli postikyselyssä 10 % kotihaastatteluissa saatuja lukuja korkeampi (kuva 9).



Kuva 9: Tukholman matkatottumustutkimuksen matkaluvut kulkutavoitain eri kyselytavoilla [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Matkaryhmittäin kyselyjen vastaavuus oli paras työmatkoilla (kuva 10). Muissa matkaryhmissä erojen katsottiin ainakin osin johtuneen matkan määrittelyongelmista postikyselyssä.



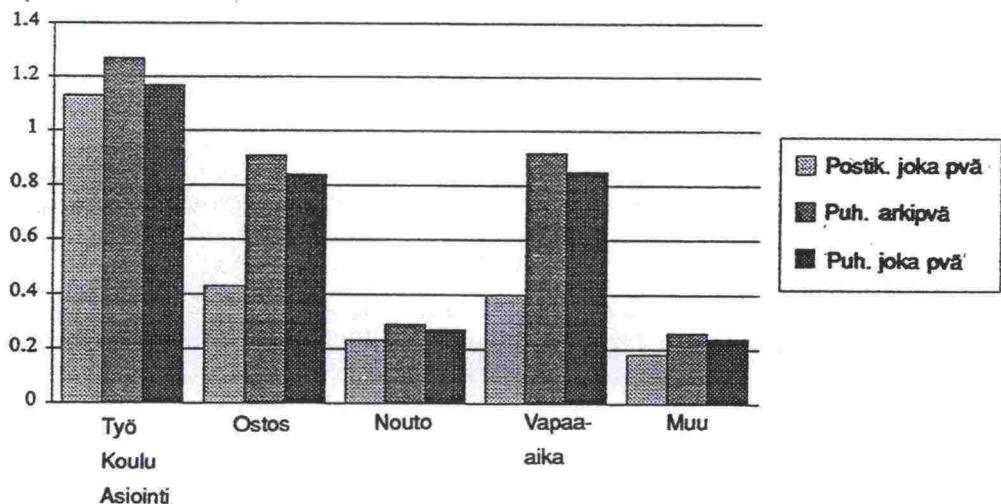
Kuva 10: Tukholman kotihaastattelussa saatujen matkamäärien suhteellinen ero verrattuna postikyselyyn [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

### 3.2.3 Oslon matkatottumustutkimus RVU 1990

Oslossa tehtiin vuonna 1990 matkatottumustutkimus, joka koostui osin tilastokeskuksen tekemästä postikyselystä, osin tielaitoksen tekemistä laskennoista ja puhelinhaastattelusta.

Matkojen kokonaismäärä oli puhelinhaastattelussa noin 40 % korkeampi kuin postikyselyssä (kuva 11). Puhelinhaastattelun tulokset vastasivat pitkälti Tukholman tutkimuksessa saatuja. Postikyselyssä jäi noin puolet asiointi-, vapaa-ajan- ja vierailumatkoista pois.

Matkaa/henkilö päivässä



Kuva 11: Oslon matkatottumustutkimuksen matkaluvut matkaryhmittäin eri kyselytavoilla [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Kulutusavoittain tulokset vastasivat Tukholmassa saatuja. Yli puolet pyöräily- ja kävelymatkoista ja suuri osa henkilöautomatkoista oli jätetty ilmoittamatta postikyselyssä. Sen sijaan joukkoliikennematkojen suhteen menetelmät olivat tasavertaisia.

Yhteenvedona todettiin, että henkilöauto- ja joukkoliikennematkojen mallintaminen postikyselyaineiston perusteella onnistuu melko hyvin. Sen sijaan lyhyiden kävely- ja pyöräilymatkojen mallintaminen on vaikeampaa.



### 3.3 Siirtotavat

Haastatteluaineiston laadusta ja määrästä riippuen logittimallien siirtäminen voidaan tehdä:

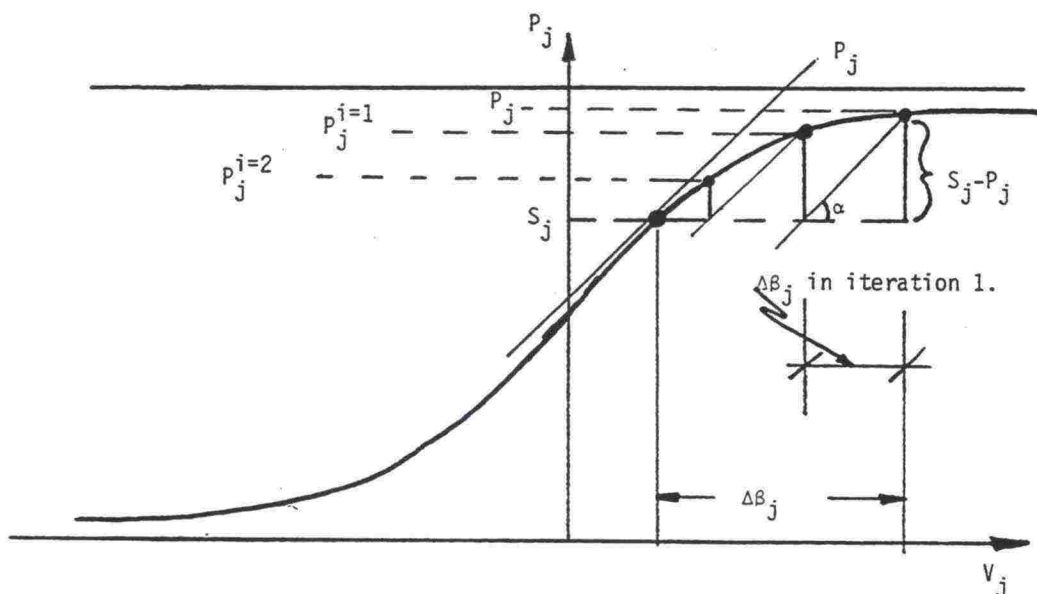
- **suoraan siirtämällä**, jolloin alkuperäinen malli siirretään sellaiseenaan ilman kalibrointia
- **kokonaisuutena siirtämällä**, jolloin vaihtoehtokohtaiset vakiot määritetään uudelleen
- **paloittain siirtämällä**, jolloin vaihtoehtokohtaiset vakiot määritetään uudelleen, minkä lisäksi liikennejärjestelmämuuttujille<sup>1)</sup>, sosioekonomisille muuttujille, alumuuttujille ja matkatuotosmuuttujille määritetään kullekin yksi koko muuttujaryhmää koskeva tasokorjauskerroin
- **yksityiskohtaisesti siirtämällä**, jolloin kaikille vakioille ja muuttujille etsitään korjauskerroin (alkuperäisen mallirakenteen uudelleen estimointi)
- **estimoimalla kokonaan uusi malli**, jolloin malliin kokeillaan myös uusia muuttujia. Lisäksi mallirakenne saattaa muuttua.

Neljä ensimmäistä tapaa testaavat malliparametrien siirrettävyyttä. Viimeinen tapa ottaa kantaa myös mallirakenteen siirrettävyyteen.

Kuvassa 12 on havainnollistettu vaihtoehtokohtaisten vakioiden uudelleen estimointia. Siirretyn mallin valintatodennäköisyyksiä on merkitty  $P_j$ :llä ja havaittuja valintatodennäköisyyksiä  $S_j$ :llä. Vakion uudelleen estimoinnissa tavoitteena on määrätä vakio  $\beta_j$  siten, että  $P_j = S_j$ . Koska logittikäyrä on epälineaarinen, tämä tapahtuu iteratiivisesti.

Logittikäyrän kulmakerroin ( $\tan\alpha$ ) on pisteessä  $S_j = S_j(1 - S_j)$ . Vakion  $\beta_j$  etäisyys ensimmäisen iteraatiokierroksen jälkeen on  $\beta_j - (P_j^1 - S_j) / \tan\alpha$ . Kulkutavan  $j$  osuus on ensimmäisen iteraatiokierroksen jälkeen  $P_j^{i+1}$ . Prosessia jatketaan, kunnes  $P_j^i = S_j$ .

1) Liikennejärjestelmämuuttujista on jatkossa käytetty nimeä liikenteelliset muuttujat. Joissakin lähteissä liikennejärjestelmämuuttujia kutsutaan myös palvelutasomuuttujiksi.



Kuva 12: Kaaviokuva vaihtoehtokohtaisten vakioiden uudelleen estimoinnista [Talvitie 1981].

Kun ainoastaan mallin vaihtoehtokohtaiset vakiot estimoidaan uudelleen (kokonaisuutena siirtäminen), on siirretyn mallin hyötyfunktio muotoa:

$$V(X) = \gamma_1 * \beta_1 + \beta_2 * X_{11} + \beta_3 * X_{12} + \beta_4 * X_{m1} + \beta_5 * X_{m2},$$

missä  $\beta_1 = \text{vakio}$   
 $\beta_2 - \beta_5 = \text{parametreja}$   
 $X_{11}, X_{12} = \text{liikenteellisiä muuttujia}$   
 $X_{m1}, X_{m2} = \text{ muita muuttujia}$   
 $\gamma_1 = \text{vaihtoehtokohtaisen vakion tasokorjauskerroin.}$  (15)

Paloittain siirrettäessä kertoimet korjataan muuttujaryhmittäin eli muodostetaan yhteenkuuluvista (tai -sopivista) muuttujista kertoimeen uusi keinotekoinen muuttuja, jolle määritetään oma tasokorjauskerroin. Tällainen keinotekoinen muuttuja voi olla esimerkiksi:

$$\text{liikenteellinen muuttuja} = \beta_{\text{kustannus}} * \text{kustannukset} + \beta_{\text{aika}} * \text{ajoaika}.$$

Kustannusten ja ajoajan tasokorjauskerroin on liikenteelliselle muuttujalle estimoitu kerroin ja esimerkiksi paloittain siirrettäessä kohdepaikkakunnan hyötyfunktio on tällöin muotoa:

$$V(X) = \gamma_1 * \beta_1 + \gamma_2 * (\beta_2 * X_{11} + \beta_3 * X_{12}) + \gamma_3 * (\beta_4 * X_{m1} + \beta_5 * X_{m2}). \quad (16)$$

Mallissa on vaihtoehtokohtaiselle vakiolle sekä liikenteellisille ja muille muuttujille kullekin oma tasokorjauskerroin ( $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ ). Jos käytettävissä on sekä SP-että RP-aineisto, yksi mahdollisuus tasokorjauskertoimen määrittämiseksi on estimoida matka-aika- ja kustannusvaikutuksille SP -malleilla alustavat kertoimet. Saadut kertoimet sijoitetaan alkuperäiseen malliin, joka estimoidaan tämän jälkeen uudelleen. Uusi malli tasokorjataan RP-aineiston perusteella.



### 3.4 Siirrettävyyden testaaminen [Ortúzar ja Willumsen 1990]

Yleisesti mallin hyvyys riippuu siitä, kuinka hyvin vaihtoehdot kyetään kuvaamaan eli saadaanko mukaan valinnan kannalta olennaiset muuttujat. Mallin muuttujille asetettavia vaatimuksia ovat, että muuttujien tulee olla yksinkertaisia, helposti ymmärrettäviä ja hyvin ennustettavissa. Lisäksi muuttujat tulee valita siten, että mallilla voi etsiä vastauksia tärkeimpiin ongelmiin. Samat vaatimukset koskevat periaatteessa myös mallien siirrettävyyttä. Malleja siirrettäessä olisi lisäksi toivottavaa, että eri vaihtoehtojen parametrit olisivat samanlaisia, ja että samat liikenteelliset muuttujat olisivat mukana kaikissa osavaiheissa.

Niin siirretyn kuin alkuperäisenkin mallin hyvyttä arvioidaan usein  $\rho^2$ -arvolla.  $\rho^2$ -arvon tulisi olla ainakin 0,15-0,20. Varsin hyvä arvo on 0,25 ja erinomainen 0,40. Arvoa täytyy tulkita varovaisesti, koska siihen vaikuttavat sekä vaihtoehtojen että havaintojen lukumäärät.  $\rho^2$ -arvo riippuu myös vaihtoehtojen suhteellisten osuuksien jakaumasta (mitä vinompi jakauma on, sitä suurempia arvoja  $\rho^2$  saa). Taulukoissa esiintyvällä  $\rho^2(c)$ -arvolla mallin hyvyttä verrataan sellaiseen malliin, jossa selittäjinä ovat vain vaihtoehtokohtaiset vakiot [Talvitie 1983].

Siirretyn ja alkuperäisen mallin poikkeavuutta voidaan arvioida testaamalla korjauskertoimia tilastollisesti. Yleisimmin käytetään **t-testiä**. Testillä selvitetään poikkeaaako korjauskerroin  $\gamma_i$  merkittävästi arvoista nolla tai yksi. Jos tasokorjauskerroin poikkeaa ykkösestä se on tarpeellinen. Mitä lähempänä ykköstä tasokorjauskerroin on, sitä paremmin alkuperäinen malli sopii uuteen tilanteeseen. Jos korjauskerroin ei poikkeaa merkitsevästi nolasta, alkuperäisen mallin muuttujat eivät selitä matkustuskäyttäytymistä kohdepaikkakunnalla. Testisuure lasketaan seuraavasti:

$$t_{N-2} = \frac{\hat{\gamma}_i - \gamma_0}{SE(\hat{\gamma}_i)}, \quad (17)$$

missä:  $\hat{\gamma}_i = \gamma_i$ :n estimaatti.

Eri malleissa (esim. alueiden  $i$  ja  $j$  mallit) olevia saman muuttujan kertoimia tai vaihtoehtokohtaisia vakioita verrataan myös t-testillä. Testisuure on:

$$t = \frac{\beta_i - \beta_j}{\sqrt{\text{var}(\beta_i) + \text{var}(\beta_j)}}. \quad (18)$$

On huomattava, että jos varianssit ovat suuret ja t-arvot sen vuoksi pieniä, testi ei aina kykene löytämään eroja kertoimien välillä, vaikka sellainen todellisuudessa olisikin.

**Suurimman uskottavuuden testeillä** testataan siirrettyjen mallien kykyä selittää yksilön valintoja kohdepaikkakunnalla. Merkitään kohdepaikkakunnan  $j$  likelihood-arvoja:

$$L_j(0) < L_j(c) < L_j(\beta_i) < L_j(\beta_j) < L_j(*) \approx 0. \quad (19)$$

missä:

$L_j(0)$  = log-likelihood-funktion arvo, kun parametrivektori on nolla,

$L_j(c)$  = log-likelihood-funktion arvo mallissa, jossa selittäjinä ovat vain vaihtoehtokohtaiset vakiot,

$L_j(\beta_i)$  = log-likelihood-funktion arvo maksimissa (esim. suoraan siirretylle mallille),

$L_j(\beta_j)$  = log-likelihood-funktion arvo "parhaalle" paikallisesti estimoidulle mallille

$L_j(*)$  = "täydellisen mallin" log-likelihood-funktion arvo (arvo lähellä nollaa).

Suoraan siirretyn tai tasokorjatun ja kohdepaikkakunnalla uudelleen estimoidun "parhaan mahdollisen" mallin eroa voidaan testata ns. **siirrettävyydestillä** [Atherton ja Ben-Akiva 1976]. Nollahypoteesi on, että kaikki estimoidut kertoimet poikkeavat tilastollisesti merkitsevästi nolasta. Jos siirrettävyydestin testisuureen TTS:n arvo on suurempi kuin kriittinen  $\chi^2$ -arvo vapausasteilla  $m$  ja merkitsevyystasolla  $\alpha$ , nollahypoteesi hylätään.

$$TTS = -2[L_j(\beta_i) - L_j(\beta_j)] \quad (20)$$

McFaddenin mukaan testisuure TTS on likimain  $\chi^2$ -jakautunut vapausasteella  $m$  (selittävien muuttujien lukumäärä). Koska testi ei ole symmetrinen (Koppelman ja Wilmot 1982), tulokseen vaikuttaa kumpaan suuntaan malleja siirretään.

**Siirrettävyyksindeksillä (TI)** kuvataan, miten paljon suoraan siirretyn tai tasokorjatun ja toisaalta parhaan mahdollisen mallin log-likelihood-funktion arvo paranee suhteessa vertailumalliin, jossa selittäjinä ovat vain vaihtoehtokohtaiset vakiot.

$$TI = \frac{L_j(\beta_i) - L_j(c)}{L_j(\beta_j) - L_j(c)} \quad (21)$$

Suhdeluku voi olla korkeintaan yksi. Mitä lähempänä ykköstä suhde on, sitä paremmin mallin siirto on onnistunut. Jos suhdeluku on negatiivinen, suoraan siirretty malli on huonompi kuin pelkät vakiot sisältävä malli.

Mallin siirrettävyyttä voidaan tutkia vertaamalla **poikkeavatko** kahtena eri ajankohtana tai kahdella eri paikkakunnalla  $i$  ja  $j$  tehtyjen mallien **kertoimet joukkona** yhteisestä aineistosta tehdyn mallin kertoimista. Testisuure on:

$$-2[L_j(\beta) - (L_j(\beta) + L_j(\beta))]. \quad (22)$$

Mallin hyvyttä voidaan arvioida myös testaamalla kuinka hyvin siirretty malli pystyy ennustamaan yksilön tekemiä valintoja. Koska mallin sovittamisessa "pakotetaan" vaihtoehtokohtaiset vakiot sellaisiksi, että ne kuvaavat kohdealueen oletettua lähtötilannetta, ei koko perusjoukkoa kannata testata, vaan testissä täytyy tarkastella oikein ennustettujen osuutta eri sosioekonomisissa ryhmissä tai etäisyysluokissa. Lähtökohtana on, että hyvä malli ennustaa hyvin myös osajoukkojen valintoja.



Tulokset esitetään niinkutsutussa **validiteettitaulukossa**, jossa havainnot järjestetään sen mukaan, miten paljon mallilla ennustettu valintatodennäköisyys poikkeaa malliaineistossa havaitusta vastaavasta valintaosuudesta. Poikkeaman mittarina on malliaineistossa havaitun osuuden hajonta, joka arvioidaan otantatietojen perusteella. Ryhmässä A esitetään ne havainnot, joilla ennustetun ja havaitun arvon ero on korkeintaan yksi hajonnanmitta. Hyvässä mallissa näiden havaintojen osuus on vähintään 70 %. Ryhmässä B ennustetun ja havaitun arvon ero on yhdestä kahteen hajonnanmittaa ja ryhmässä C yli kaksi hajonnanmittaa. Hyvässä mallissa ryhmän B havaintojen osuus on noin 25 % ja ryhmän C havaintojen osuus korkeintaan 5 % [Gunn ja Pol 1986].

Yksi tapa arvioida mallin sopivuutta on tarkastella **otosenumeraatiolla** mallin kykyä kuvata jonkin toimenpiteen aiheuttamaa muutosta valintajakaumassa. Otosenumeraatiolla tarkoitetaan estimoidun mallin soveltamista samaan otokseen muuttamalla tiettyjä lähtöarvoja. Koska toimenpiteen todellista vaikutusta ei tiedetä, oletetaan, että alkuperäiseen aineistoon parhaiten soveltuva malli antaa vertailutuloksen. Yleensä testataan joko matka-ajan tai matkakustannuksen aiheuttamaa muutosta jakaumassa.

Tulosten järkevyyttä voidaan arvioida myös tarkastelemalla ajan arvoa. **Ajan arvo** lasketaan kulkutavan valintamallin parametrien estimaateista seuraavasti: Oletetaan, että kulkutavan  $m$  hyötyfunktio on:

$$V_m = \beta_{ajoaika} * ajoaika + \beta_{ajokust} * ajokust. \quad (23)$$

Tarkastellaan henkilöä, joka on valmis tekemään matkan, jonka hinta vastaa 60 minuutin hyötyä ajoajassa. Tällöin:

$$\begin{aligned} \beta_{ajokust} * T &= \beta_{ajoaika} * 60 \\ T &= \beta_{ajoaika} * 60 / \beta_{ajokust}. \end{aligned} \quad (24)$$

Tulojen lisääntymisen tai vähenemisen vaikutus ajan arvoon ei ole välttämättä suhteellinen, joten kertomalla vanhoja ajan arvoja tulojen muutoksella ei saada oikeita korjattuja ajan arvoja [Gunn 1991].

Tutkimustulokset ajan arvosta eivät myöskään ole yksiselitteisiä. Ajan arvoa on tutkittu mm. Englannissa [MVA Consultancy ym. 1987] ja Hollannissa [Gunn 1991, Hague Consulting Group 1990a] 80-luvun loppupuolella tehdyissä ajanarvotutkimuksissa. Suomessa aihetta on käsitelty mm. Pekkarisen vuonna 1992 tekemässä [Pekkarinen 1992b] ja Liikenneministeriön vuosina 1990 ja 1993 toimittamissa julkaisuissa [Liikenneministeriö 1990 ja 1993]. TTK:ssa tehdyssä liikenneministeriön vuonna 1994 julkaisemassa tutkimuksessa on käsitelty ajan arvoa lyhytmatkaisessa liikenteessä [Liikenneministeriö 1994].

Tielaitos julkaisee vuosittain ajan yksikköarvot, joita se suosittaa tieliikennehankkeiden kannattavuuslaskelmissa käytettäviksi. Arvot perustuvat vanhempiin ulkomaisiin tutkimuksiin ja käytännöstä saatuihin kokemuksiin. Tielaitoksen julkaisemat ajan arvot on tarkoitettu pitkämatkaiselle liikenteelle, joten ne eivät välttämättä ole käyttökelpoisia tarkasteltaessa kuntien sisäistä liikennettä.



## **4 LIIKENNE-ENNUSTEMALLIEN SIIRRETTÄVYYDESTÄ SAATUJA KOKEMUKSIA**

### **4.1 Malliparametrien ja -rakenteen siirrettävyys**

#### **Kokemuksia liikenteellisten muuttujien siirrettävyydestä**

Suurin osa siirrettävyydestutkimuksista käsittelee kotiperäisten työmatkojen kulkutapamalleja. Atherton ja Ben-Akiva [1976] totesivat, että Washington D.C:hen, New Bedfordiin ja Los Angelesiin estimoitujen mallien liikenteellisten muuttujien kertoimet olivat lähes identtisiä keskenään. Vastaavasti Pecknold ja Suhrbier [1977] ovat todenneet, että Milwaukeeessa, Pittsburgissa, San Franciscossa ja San Diegossa estimoitujen mallien liikenteellisten muuttujien kertoimet poikkesivat hyvin vähän toisistaan.

McCoomb [1983] on tutkinut kulkutapamallien siirrettävyyttä kymmenessä Kanadan suurimmassa kaupungissa. McCoombin mukaan kulkutapamalleja voidaan siirtää paikkakunnalta toiselle, jos paikkakuntien koko, rakenne ja liikennejärjestelmä vastaavat kohtuullisessa määrin toisiaan.

Edellisistä poiketen Talvitie ja Kirshner [1978] eivät onnistuneet kulkutapamallien siirtämiskokeiluissa Washington D.C:n, Minneapolis-St.Paulin ja San Franciscon välillä.

#### **Kokemuksia sosioekonomisten muuttujien siirrettävyydestä**

Watson ja Westin [1975] sekä Koppelman [1977] ovat tutkineet mallien siirrettävyyttä eri väestöryhmien kesken. Tulokset osoittivat, että muuttujien kertoimet vaihtelivat melko paljon, varsinkin jos ryhmittely perustui matkojen pituusjakaumaan.

Stopher ja Wilmot [1979] vertasivat Etelä-Afrikassa estimoituja matka-aika- ja matkakustannusparametreja Yhdysvalloissa tehtyihin tutkimuksiin. Etelä-afrikkalaisessa tutkimuksessa oli selvitetty suurituloisten taajamassa asuvien henkilöiden työmatkojen kulkutavanvalintaa. Otoksen katsottiin olevan vertailukelpoinen Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen kanssa. Tutkimuksen mukaan työmatkojen kulkutapamallien siirtäminen on mahdollista sosioekonomisesti samankaltaisten ryhmien kesken.

#### **Mallirakenne ja lähtödata**

Talvitien ja Kirshnerin [1978] mukaan mallimäärittelyt vaikuttavat voimakkaasti kertoimien arvoihin ja mallin selitysasteeseen. Mm. kävely- ja odotusaikoja tulisi aina käsitellä erikseen.

Louvieren [1981] mukaan eri tavoin määriteltyjä tai lähtöaineiston suhteen voimakkaasti poikkeavia malleja ei kannata verrata keskenään.

Samansuuntaisesti Algiers, Colliander ja Widlert [1987] ovat todenneet, että mallien suurimmat puutteet aiheutuvat huonosta lähtöaineistosta. Jos alkupe-  
räiset mallit ovat huonoja, eivät siirretyt mallitkaan voi olla hyviä.

Tardiff [1979] on osoittanut, että malleista poisjätetyt muuttujat saattavat vaikuttaa vaihtoehtokohtaisten vakioden arvoihin ja kasvattaa niiden varianssia. Tulokset osoittivat, että verrattaessa kahta samalla tavoin määriteltyä mallia eri tilanteissa keskenään, satunnaistermien keskiarvon ero on yleensä suhteellisen suuri, varianssien ero on pienempi ja parametriarvojen ero pienin. Tämän vuoksi nimenomaan vaihtoehtokohtaisten vakioden uudelleenestimointi on perusteltua malleja siirrettäessä.

Tulokset ennustevirheen suuruudesta ovat ristiriitaisia. Atherton ja Ben-Akiva [1976] totesivat siirtäessään malleja Washington D.C:stä New Bedfordiin, että virhe oli pieni. Toisaalta Trainin [1978] tutkimuksessa mallien ajallinen siirrettävyys San Franciscon seudulla ei ollut hyvä. Eräät tutkimukset ovat osoittaneet, että ennusteita voidaan parantaa lisäämällä malleihin sosioekonomisia ja demografisia muuttujia. Tästä esimerkkinä ovat mm. Parodyn [1977] ja Trainin [1976, 1978] tekemät kulkutavan valintaa koskevat tutkimukset.

## **4.2 Mallien tasokorjaaminen ja uudelleenestimointi**

### **Ajallinen siirrettävyys**

Atherton ja Ben-Akiva [1976] ovat verranneet neljää menetelmää mallien päivittämiseksi. Tutkimuksessa testattiin vaihtoehtokohtaisten vakioden uudelleenestimointia, tasokorjausten käyttöä, mallien kokonaan uudelleen estimointia sekä Bayesin päivittämistekniikkaa. Näistä Bayesin menetelmä osoittautui parhaaksi. Seuraavaksi parhaiten mallien siirto onnistui tasokorjauskertoimia käyttäen.

Train [1978] sekä Talvitie ja Kirshner [1978] ovat tutkimuksissaan todenneet, että San Franciscon seudun liikenne-ennustemallit eivät olleet ajallisesti stabiileja. Isobe ja Kawakami [1989] ovat tutkineet ajallista siirrettävyyttä Nagoyan seudulla. Tulosten mukaan Nagoyan seudulle vuosina 1971 ja 1981 laaditut mallit olivat kohtuullisen hyvin siirrettävissä. Myös Parody [1977] ja Silman [1979] ovat saaneet hyviä tuloksia mallien ajallisesta siirrettävyydestä.

Tukholmassa vuonna 1968 tehtyjen kulkutapamallien ajallista ja alueellista siirtämistä kokeiltiin vuonna 1982 Göteborgiin. Tulokset eivät olleet hyviä. Vertailun vuoksi Göteborgiin siirrettiin Tukholmassa vuonna 1980/81 tehdyt VBB-mallit. Näiden mallien siirto onnistui hyvin, millä perusteella pääteltiin, että Tukholmassa vuonna 1968 tehtyjen mallien (ns. AKU-mallit) huono siirrettävyys ei johtunut paikkakuntien välisistä eroista, vaan joko lähtöaineistojen eroista tai liikkujien muuttuneista arvostuksista.

Hollannissa tehtiin vuonna 1989 laaja kulkutapamallien ajallista siirrettävyyttä koskeva tutkimus [Hague Consulting Group 1990]. Tutkimuksen lähtökohtana oli vuonna 1982 tehty ajanarvotutkimus. Paitsi ajallista siirrettävyyttä tutkimuksessa vertailtiin lähtöaineiston laadun ja määrän vaikutusta mallien siirrettävyyteen. Tutkimuksen toteutusta ja tuloksia on tarkasteltu lähemmin luvussa 4.3.



### Alueellinen siirrettävyys

Fong-Lieh Ou ja Jason C. Yu [1982] ovat tutkineet regressioanalyysillä matkatuotosten siirrettävyyteen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksessa todettiin, että suurkaupunkien matkatuotosmallit ovat keskenään paremmin siirrettävissä kuin pikkukaupunkien mallit. Mallien siirrettävyys riippuu mm. muuttujien määrästä ja siitä, miten kysyntää mitataan. Selitettäessä matkatuotosta kotitalouden koolla, kaupungin toiminnallisten keskittymien määrällä ja kaupungin alueellisella sijainnilla, mallit olivat siirrettävämpiä kuin jos matkatuotoksia selitettiin alueen autonomistuksella ja kotitalouden koolla.

Suomessa matkatuotosmallien siirrettävyyttä on tutkittu vuonna 1990 Oulun yliopistossa [Liikenneministeriö 1992]. Tutkimus tehtiin kirjallisuusselvityksenä ja siinä vertailtiin pääkaupunkiseudun, Jyväskylän, Oulun ja Rovaniemen seudun matkatuotosmalleja. Työ osoitti liikennemallien siirrettävyyden eräin osin mahdolliseksi. Tutkimuksessa todettiin, että yksinkertaisilla maankäyttöä kuvaavilla muuttujilla on selvä korrelaatio matkustuskäyttäytymisen kanssa. Matkalukujen kuvaamisesta aluekohtaisten maankäytön muuttujien avulla ei kuitenkaan löydetty käytäntöön sovellettavia malleja. Tutkimuksen mukaan matkalukujen kuvaaminen on mahdollista kulkutavoittain, mutta kokonaismatkalukujen kuvaaminen on vaikeaa.

Tretvik [1989] on tutkinut kulkutapamallien siirtämistä Norjan kaupungeissa. Tutkimus osoitti, että malleja siirrettäessä vaihtoehtokohtaiset vakiot pitää kalibroida uudelleen. Liikenteelliset muuttujat olivat paremmin siirrettävissä kuin muut kulkutapamuuttujat. Ennustettaessa liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutusta pelkkä vaihtoehtokohtaisten vakiodien uudelleen estimointi antoi parempia tuloksia kuin jos käytettiin myös tasokorjauskertoimia. Algers, Colliander ja Widlert [1987] ovat saaneet samansuuntaisia tuloksia tutkiessaan kulkutavan ja määräpaikan valintamallien siirtämistä Ruotsissa.

Koppelman, Kuah ja Wilmot [1985] ovat testanneet kulkutapamallien siirrettävyyttä työmatkoilla Washington D.C:n, Minneapolis-St.Paulin ja Baltimoren välillä. Myös tässä tutkimuksessa todettiin, että vaihtoehtokohtaisten vakiodien kalibrointi oli välttämätöntä. Mallit paranivat, kun lisäksi käytettiin tasokorjauskertoimia. Tutkimuksen mukaan mallien siirtäminen voidaan tehdä huomattavasti pienemmällä aineistolla kuin jos paikkakunnalle laadittaisiin omat mallit.

Daly [1985] on tutkinut kulkutapamallien siirtämistä Grenoblesta Nantesiin Ranskassa. Mallien siirto työmatkoilla onnistui hyvin. Sen sijaan koulumatkamallien siirtäminen ei onnistunut.



Kaikki edelläkuvatut tutkimukset ovat käsitelleet erillisten malliosien siirtämistä. Kokonaisten mallijärjestelmien siirtämistä on kokeiltu vain muutamia kertoja.

Gunn ja Pol [1986] ovat raportoineet tutkimuksesta, jossa vuosina 1977 ja 1981 Rotterdamin ja Haagin seuduilla tehty mallijärjestelmä siirrettiin Utrechtin. Tulosten mukaan mallien siirtäminen on mahdollista, jos mallin vakiot estimoidaan uudelleen ja muille muuttujille tehdään tasokorjaus. Erillisten tasokorjauskertoimien muodostaminen liikenteellisille muuttujille ja muille muuttujille ei kuitenkaan parantanut tuloksia merkittävästi.

### **Mallien siirtäminen eri maiden välillä**

Ortúzar ja Fernandez [1985] ovat tutkineet kulkutapamallien siirrettävyyttä Leedsistä (Englanti) Santiagoon (Chile). Tulosten perusteella mallien siirtäminen eri kulttuuria edustavien maiden välillä ei ole suositeltavaa.

Vuonna 1989 Ruotsissa kokeiltiin koko mallijärjestelmän siirtämistä Helsingborgiin [Widlert 1990]. Siirretyt mallit olivat Göteborgista, Jönköpingistä ja hollantilaisesta Zuidvleugel-tutkimuksesta. Kalibrointiin käytettiin Helsingborgissa vuonna 1979 tehdyn matkatottumustutkimuksen aineistoa. Alkuperäisten mallien hyvyttä arvioitiin niiden tilastollisilla testeillä, tärkeimpien selittävien muuttujien mukanaololla ja mallin parametreista estimoitujen ajanarvojen sekä odotus- ja matka-aika-arvojen suhteiden järkevyydellä.

Liikenteellisten muuttujien siirto onnistui hyvin. Sosioekonomisten muuttujien suora siirrettävyys ilman tasokorjausta ei kuitenkaan ollut mahdollista. Tähän vaikuttivat mm. naisten työssäkäynnin erot eri maissa.

Tietyt määräpaikan valintaa selittävät ympäristön viihtyisyyttä kuvaavat muuttujat, joita mitataan asukastiheydellä, vaativat myös siirrettäessä melko suuria tasokorjauskertoimia. Tämä selittyy eri maissa vallitsevista tottumuksista ja käsityksistä siitä, millainen on hyvä yhteiskunta.

Pääsääntöisesti todettiin, että ihmiset eri kaupungeissa ja maissa reagoivat suunnilleen samalla tavoin matka-ajan ja matkakustannusten muutoksiin, kun muut olosuhteet vastaavat toisiaan.

Seuraavassa on tarkasteltu lähemmin muutamaa liikenne-ennustemallien siirtämistä koskevaa tutkimusta.

### 4.3 Mallien ajallinen siirrettävyys Hollannin ajanarvo-tutkimuksessa [ Hague Consulting Group 1990]

#### 4.3.1 Tutkimuksen suoritustapa

Hollannissa tutkittiin vuonna 1989 kulkutapamallien ajallista siirrettävyyttä. Tutkimuksessa testattiin vuonna 1982 VOT-tutkimuksessa (Value of Time) tehtyjen

- \* SP-mallien päivitystä uudella SP-aineistolla
- \* RP-mallien päivitystä uudella RP-aineistolla
- \* RP-mallien päivitystä uusilla SP- ja RP-aineistoilla.

Yhdistettyä SP-RP-aineistoa ei testattu, koska sen havaittiin antavan saman suuntaisia tuloksia kuin SP-malli, mutta pienemmällä  $p^2$ -arvolla.

Tutkitut matkaryhmät olivat työmatkat, liikematkat ja muut matkat. Sekä vuoden 1982 että 1989 tutkimuksissa liike- ja muut matkat jaettiin osaryhmiin. Liikematkojen mallissa estimoititiin oma parametri matkoille, jotka eivät olleet kodin ja kiinteän työpaikan välisiä työmatkoja eivätkä työnantajan asioiden hoitamista varten tehtäviä matkoja. Tällaisia matkoja tekevät esimerkiksi kauppamatkustajat ja rakennustyömiehet. Muiden matkojen malleissa eroteltiin erikseen opiskelumatkat sekä ostos- ja asiointimatkat. Jako perustui ajanarvotutkimuksen tavoitteisiin.

Vuosien 1982 ja 1989 tutkimukset poikkesivat toisistaan siten, että vuoden 1982 tutkimuksessa liikematoilla SP-tutkimukseen osallistuneita pyydettiin ajattelemaan valintatilanteita vain omalta kannaltaan, kun taas todellisissa valinnoissa ja vuoden 1989 SP-tutkimuksessa liikematkojen ajan arvoon vaikuttivat sekä työnantajan että työntekijän arvostukset.

Molemmissa tutkimuksissa kaikilta haastatelluilta kysyttiin, kuinka monta tuntia viikossa he käyttävät a) palkkatyöhön, b) työhön, josta ei makseta (esimerkiksi kotityöt) ja c) matkoihin arkipäivinä. Vastausten perusteella arvioitiin, kuinka paljon ihmiselle jää vapaata aikaa (nukkumiseen oletettiin kuluvan kahdeksan tuntia vuorokaudessa). Vapaa-ajan määrän oletettiin vaikuttavan siihen, kuinka paljon henkilö on valmis maksamaan liikenteessä säästämästään ajasta.

Koska ihmisen ajan niukkuus ja suuri ajan arvo voivat johtua sekä muista samassa taloudessa asuvista että ihmisen omista ominaisuuksista, tutkimuksessa eroteltiin kolme erilaista ruokakuntatyyppiä

- \* työssäkäyvät yksinasuvat
- \* työssäkäyvät, joiden taloudessa on vähintään yksi muu työssä käyvä, muttei lapsia eikä aikuisia, jotka eivät käy työssä
- \* ihmiset, joiden ruokakunnassa on vähintään yksi lapsi.

Kaikissa matkaryhmissä ihmiset jaettiin ryhmiin ruokakunnan bruttokuukausitulojen mukaan. Oletuksena oli, että ajan arvo kasvaa likimain lineaarisesti tulojen kasvaessa, mutta ei ole kuitenkaan suoraan verrannollinen bruttotuloihin.



#### 4.3.2 SP-mallien päivitys SP-aineistolla

Malleja siirrettäessä lähtökohtana oli, että vaihtoehtokohtaiset vakiot määritettiin kaikissa malleissa uudelleen. Mallien siirtämistä tutkittiin

- A määrittämällä kaikille muuttujille oma tasokorjauskerroin
- B määrittämällä matka-aikamuuttujille yhteinen tasokorjauskerroin
- C määrittämällä aika- ja kustannusmuuttujille yhteinen tasokorjauskerroin
- D estimoimalla malli, jossa oli vain aika- ja kustannusmuuttujat
- E estimoimalla malli, jossa oli mukana vain aika- ja kustannusmuuttujat ja määrittämällä niille yhteinen tasokorjauskerroin
- F kasvattamalla havaintojen määrää valitsematta jääneen kulkutavan vastauksilla, jolloin malliin lisättiin uusi muuttuja "valitsematta jäänyt kulkutapa". Muille muuttujille määritettiin yhteinen tasokorjauskerroin kuten mallissa E ja
- G kuten edellä lisäämällä malliin muuttuja "valitsematta jäänyt kulkutapa" ja määrittämällä muille muuttujille omat tasokorjauskertoimet kuten mallissa A.

SP-mallien siirtämisestä saadut tulokset on esitetty taulukoissa 1-3.

*Työmatkoilla* mallien A ja B aika- ja kustannustekijät olivat siirrettävissä sellaisenaan. Sen sijaan muiden muuttujien tasokorjauskertoimet poikkesivat selvästi ykkösestä. Ajan arvo junassa oli selvästi vuoden 1982 ajanarvotutkimuksessa saatua korkeampi. Tämä saattoi johtua siitä, että toisin kuin vuonna 1982 vuoden 1989 tutkimuksessa matka-ajoissa ei oltu otettu huomioon nopeuden alenemista liittymissä.

Estimoitaessa pelkät aika- ja kustannustekijät uudelleen (malli D) ajan arvo oli 30 % VOT-malleista saatua korkeampi. Kuitenkin mallissa E aika- ja kustannusmuuttujille estimoidun yhteisen tasokorjauskertoimen arvo oli lähellä ykköstä.

Mallissa F (mukana vaihtoehdon hylänneet) aika- ja kustannusmuuttujat voitiin siirtää sellaisenaan. Ajan arvo valitsematta jääneessä kulkuneuvossa oli mallissa F 27 % ja mallissa G 19 % korkeampi kuin valitulla kulkutavalla. Muuten malli G antoi samanlaisia tuloksia kuin malli A.

*Liikematkamalleissa* ajan arvo oli selvästi ajanarvotutkimusta suurempi. Tämä johtui ainakin osittain vuosina 1982 ja 1989 vastaajille annetuista erilaisista ohjeista ottaa huomioon työnantajan arvostuksia.

Muuttujien ryhmittelyn vaikutukset olivat pitkälti samoja kuin työmatkoilla. Dummy-muuttuja "määräpaikka muu kuin oma työpaikka" ja matka-aika junassa saivat päinvastaisen merkin kuin ajanarvotutkimuksessa.

Valitsemattomaan vaihtoehtoon liittyvien vastausten ottaminen huomioon ei vaikuttanut tasokorjauskertoimien arvoon. Sensijaan ajan arvo oli valitsematta jääneellä kulkutavalla 15-25 % suurempi kuin valitulla kulkutavalla.

*Tulokset muiden matkojen* siirtämisestä vastasivat paljolti työmatkoilla saatuja tuloksia muutamia poikkeuksia lukuunottamatta. Mallissa D ajan arvo oli keskimäärin 15 % ajanarvotutkimuksessa saatua korkeampi. Useimmat muuttujat varsinkin malleissa B ja C olivat siirrettävissä sellaisenaan. Matka-ajan merkitys junalla oli selvästi työ- ja liikematkkoilla saatua suurempi. Toisin kuin työ- ja liikematkkoilla valitsematta jääneen vaihtoehdon ajan arvo ei poikennut ajanarvotutkimuksesta.



Taulukko 1: Hollannissa tehtyjen SP-mallien päivitys - työmatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot [Hague Consulting Group 1990].

| MALLI                    | A               | B               | C                | D                | E               | F               | G               |
|--------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Havaintoja:              | 4314            | 4314            | 4314             | 4314             | 4314            | 5819            | 5819            |
| Likelihood-arvo:         | -2757.3         | -2767.1         | -2783.9          | -2832.8          | -2875.7         | -3713.5         | -3764.6         |
| Kustannukset<br>t(0)     | 1.102<br>(12.7) | 1.044<br>(13.8) | 1.054<br>(14.0)  | 0.913<br>(12.8)  | 1.025<br>(14.4) | 1.158<br>(17.3) | 1.235<br>(15.4) |
| Aika<br>t(0)             | 0.977<br>(7.1)  | 0.928<br>(7.2)  | 1.265*<br>(12.9) | 1.211*<br>(16.1) | 1.025<br>**     | 1.158<br>**     | 1.188<br>(9.4)  |
| Ruokak. tulot (Guldenia) |                 | 0.628           | 0.732            |                  |                 |                 |                 |
| 0-1500/kk                | -1.063          |                 |                  |                  |                 |                 | -1.564          |
| 1501-2500/kk             | -0.522          |                 |                  |                  |                 |                 | -0.717          |
| 4001-6000/kk             | 0.755           |                 |                  |                  |                 |                 | 0.726           |
| 6001-8000/kk             | 1.111           |                 |                  |                  |                 |                 | 1.080           |
| > 8001/kk.               | 0.676           |                 |                  |                  |                 |                 | 0.830           |
| Kotitalouden tyyppi      |                 | 1.690           | 0.497*           |                  |                 |                 |                 |
| 1 tai useampi lapsi      | 1.809           |                 |                  |                  |                 |                 | 1.270           |
| 2 henkilö/2 työssä       | 1.092           |                 |                  |                  |                 |                 | 0.774           |
| 1 henkilö/1 työssä       | 1.522           |                 |                  |                  |                 |                 | 1.551           |
| Ikä/sukupuoli            |                 | -0.955*         | 0.497*           |                  |                 |                 |                 |
| alle 20-vuotias          | -3.724*         |                 |                  |                  |                 |                 | -4.024*         |
| 36-50-vuotias            | -1.407*         |                 |                  |                  |                 |                 | -1.164*         |
| yli 50-vuotias           | -1.340*         |                 |                  |                  |                 |                 | -0.984*         |
| sukupuoli nainen         | 0.098           |                 |                  |                  |                 |                 | -0.125          |
| Työsuhte<br>osa-aik.     | -0.913*         | -1.216*         | 0.497**          |                  |                 |                 | -0.492*         |
| Vapaa-aikaa              |                 | 1.576           | 0.497**          |                  |                 |                 |                 |
| 0-35 tuntia/vko          | 0.797           |                 |                  |                  |                 |                 | 1.059           |
| 36-49 tuntia/vko.        | 1.951*          |                 |                  |                  |                 |                 | 2.080*          |
| Kulkutapa                |                 | 12.80*          | 13.83*           |                  |                 |                 |                 |
| Vakio ( juna)            | 13.27*          |                 |                  |                  |                 | 13.72*          | 12.32*          |
| "Valitsematon" kulkutapa |                 |                 |                  |                  |                 | 0.273<br>(3.2)  | 0.189<br>(2.1)  |

\* Poikkeaa 95 % merkitsevyystasolla ykkösestä

\*\* Estimoitu yhdessä yläpuolella olevan muuttujan kanssa

- A kaikille muuttujille määritetty oma tasokorjauskerroin  
 B matka-aikamuuttujille määritetty yhteinen tasokorjauskerroin  
 C aika- ja kustannusmuuttujille määritetty yhteinen tasokorjauskerroin  
 D estimoitu malli, jossa on vain aika- ja kustannusmuuttujat  
 E mallissa mukana vain aika- ja kustannusmuuttujat, joille on määritetty yhteinen tasokorjauskerroin  
 F havaintojen määrää on kasvatettu valitsematta jääneen kulkutavan vastauksilla, ja malliin on lisätty uusi muuttuja "valitsematta jäänyt kulkutapa". Muille muuttujille määritettiin yhteinen tasokorjauskerroin kuten mallissa E  
 G kuten edellä lisäämällä malliin muuttuja "valitsematta jäänyt kulkutapa" ja määrittämällä muille muuttujille omat tasokorjauskertoimet kuten mallissa A

Taulukko 2: Hollannissa tehtyjen SP-mallien päivitys - liikematkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot [Hague Consulting Group 1990].

| MALLI                    | A                | B                | C                | D                | E                | F                | G                |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Havaintoja:              | 4545             | 4545             | 4545             | 4545             | 4545             | 6104             | 6104             |
| Likelihood-arvo:         | -2638.0          | -2676.2          | -2691.9          | -2738.0          | -2844.0          | -3588.3          | -3468.8          |
| Kustannukset<br>t(0)     | 1.261*<br>(10.0) | 1.158<br>(12.3)  | 1.139<br>(12.2)  | 0.839<br>(10.2)  | 1.500*<br>(22.3) | 1.425*<br>(22.3) | 1.546*<br>(13.1) |
| Aika<br>t(0)             | 1.654*<br>(12.0) | 1.649*<br>(14.7) | 1.478*<br>(15.5) | 1.423*<br>(20.4) | 1.500*<br>**     | 1.425*<br>**     | 1.749*<br>(13.8) |
| Ruokak. tulot (Guldenia) |                  | 0.838            | 0.880            |                  |                  |                  |                  |
| 0-1500/kk                | 5.469*           |                  |                  |                  |                  |                  | 5.444*           |
| 1501-2500/kk             | 2.042            |                  |                  |                  |                  |                  | 1.406            |
| 4001-6000/kk             | 3.275            |                  |                  |                  |                  |                  | 8.087*           |
| 6001-8000/kk             | 2.586            |                  |                  |                  |                  |                  | 3.819*           |
| > 8001/kk                | 0.824            |                  |                  |                  |                  |                  | 1.183            |
| Kotitalouden tyyppi      |                  | 0.540            | 0.964            |                  |                  |                  |                  |
| 1 tai us. lapsi          | 6.926*           |                  |                  |                  |                  |                  | 6.789*           |
| 2 hlöä/2 työssä          | 2.877            |                  |                  |                  |                  |                  | 2.616            |
| 1 hlö/1 työssä           | 0.816            |                  |                  |                  |                  |                  | 0.585            |
| Ikä/Sukupuoli            |                  | 2.257            | 0.964**          |                  |                  |                  |                  |
| yli 20-v.                | 0.063            |                  |                  |                  |                  |                  | -2.924           |
| 36-50 -vuotias           | 3.707            |                  |                  |                  |                  |                  | 3,670            |
| yli 50-vuotias           | 16.57*           |                  |                  |                  |                  |                  | 18,47*           |
| sukupuoli nainen         | 10.19            |                  |                  |                  |                  |                  | 4.199            |
| Työsuhte<br>osa-aik.     | 3.530*           | 4.866*           | 0.964**          |                  |                  |                  | 2.844*           |
| Vapaata aikaa            |                  | 0.627            | 0.964**          |                  |                  |                  |                  |
| 0-35 tuntia/vko          | 0.287            |                  |                  |                  |                  |                  | 0.211*           |
| 36-49 tuntia/vko         | 0.896            |                  |                  |                  |                  |                  | 1.333            |
| Matkan tark.             |                  | -0.186*          | -1.271*          |                  |                  |                  |                  |
| Muu työhön<br>liittyvä   | -0.196*          |                  |                  |                  |                  |                  | -0.296           |
| Kulkutapa                |                  | -2.438*          | -1.271 **        |                  |                  |                  |                  |
| Vakio (juna)             | -2.525*          |                  |                  |                  |                  | -3.669*          | -2.725*          |
| *Valitsematon"           |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| kulkutapa                |                  |                  |                  |                  |                  | 0.283            | 0.135            |

\* poikkeaa 95 % merkitsevyystasolla ykkösestä

\*\* Estimoitu yhdessä alapuolella olevan muuttujan kanssa

- A kaikille muuttujille määritetty oma tasokorjauskerroin  
 B matka-aikamuuttujille määritetty yhteinen tasokorjauskerroin  
 C aika- ja kustannusmuuttujille määritetty yhteinen tasokorjauskerroin  
 D estimoitu malli, jossa on vain aika- ja kustannusmuuttujat  
 E mallissa mukana vain aika- ja kustannusmuuttujat, joille on määritetty yhteinen tasokorjauskerroin  
 F havaintojen määrää on kasvatettu valitsematta jääneen kulkutavan vastauksilla, ja malliin on lisätty uusi muuttuja "valitsematta jäänyt kulkutapa". Muille muuttujille määritettiin yhteinen tasokorjauskerroin kuten mallissa E  
 G kuten edellä lisäämällä malliin muuttuja "valitsematta jäänyt kulkutapa" ja määrittämällä muille muuttujille omat tasokorjauskertoimet kuten mallissa A

Taulukko 3: Hollannissa tehtyjen SP-mallien päivitys - "muut matkat"-mallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot [Hague Consulting Group 1990].

| MALLI                           | A       | B       | C        | D       | E       | F       | G       |
|---------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Havaintoja:                     | 4609    | 4609    | 4609     | 4609    | 4609    | 6126    | 6126    |
| Likelihood-arvo:                | -2923.3 | -2939.0 | -2955.2  | -2959.3 | -2974.6 | -3907.6 | -3862.9 |
| Kustannukset                    | 1.104   | 1.026   | 1.011    | 1.065   | 0.974   | 1.163*  | 1.271   |
| t(0)                            | (15.9)  | (17.5)  | (17.4)   | (19.7)  | (19.0)  | (23.6)  | (19.7)  |
| Aika                            | 1.286*  | 1.204   | 1.156    | 1.246*  | 0.974   | 1.163   | 1.482   |
| t(0)                            | (9.3)   | (10.6)  | (13.7)   | (17.3)  | **      | **      | (12.2)  |
| <i>Ruokak. tulot</i> (Guldenia) |         | 1.051   | 0.941    |         |         |         |         |
| 0-1500/kk                       | 0.243   |         |          |         |         |         | 0.165   |
| 1501-2500/kk                    | 1.273   |         |          |         |         |         | 0.139   |
| 4001-6000/kk                    | 2.334*  |         |          |         |         |         | 2.429*  |
| 6001-8000/kk                    | 0.822   |         |          |         |         |         | 0.971   |
| > 8001/kk                       | 1.496*  |         |          |         |         |         | 1.611*  |
| <i>Kotitalouden tyyppi</i>      |         | 1.105   | 1.156    |         |         |         |         |
| 1 tai useampi lapsi             | 6.010   |         |          |         |         |         | 2.788   |
| 2 henkilöä/2 työssä             | 0.676   |         |          |         |         |         | 0.722   |
| 1 henkilö/1 työssä              | 1.917   |         |          |         |         |         | 0.560   |
| <i>Ikä/sukupuoli</i>            |         | 1.362   | 1.156**  |         |         |         |         |
| alle 20-v.                      | 3.745   |         |          |         |         |         | 3.807*  |
| 36-50-vuotias                   | 8.794*  |         |          |         |         |         | 9.667*  |
| yli 50-vuotias                  | 1.725   |         |          |         |         |         | 1.606   |
| sukupuoli nainen                | -4.377* |         |          |         |         |         | -3.853* |
| <i>Työsuhte</i>                 |         | 3.139*  | 1.156**  |         |         |         |         |
| osa-aik.                        | 0.221   |         |          |         |         |         | -0.181  |
| kotirouva                       | 2.368   |         |          |         |         |         | 2.188   |
| eläkeläinen                     | 3.042*  |         |          |         |         |         | 2.924*  |
| <i>Vapaata aikaa</i>            |         | -0.038  | 1.156**  |         |         |         |         |
| 0-35 tuntia /vko                | 0.338   |         |          |         |         |         | 0.075   |
| 36-49 tuntia /vko               | -0.113  |         |          |         |         |         | -0.140  |
| 50-63 tuntia /vko               | 1.479   |         |          |         |         |         | 3.070   |
| <i>Matkan tark.</i>             |         | 1.684   | 1.878*   |         |         |         |         |
| Opiskelumatka                   | 1.993*  |         |          |         |         |         | 2.504*  |
| Ostosmatka                      | 0.576   |         |          |         |         |         | 0.158   |
| <i>Kulkutapa &gt;&gt; Aika</i>  |         | -15.97* | 1.878*** |         |         |         |         |
| Vakio (juna)                    | -15.02* |         |          |         |         | -16.31* | 7.116*  |
| "Valitsematon"                  |         |         |          |         |         | 0.049   | -0.002  |
| vaihtoehto                      |         |         |          |         |         | (0.8)   | (0.0)   |

\* Poikkeaa 95 % merkitsevyystasolla ykkösestä

\*\* Estimoitu yhdessä alapuolella olevan muuttujan kanssa

- A kaikille muuttujille määritetty oma tasokorjauskerroin  
 B matka-aikamuuttujille määritetty yhteinen tasokorjauskerroin  
 C aika- ja kustannusmuuttujille määritetty yhteinen tasokorjauskerroin  
 D estimoitu malli, jossa on vain aika- ja kustannusmuuttujat  
 E mallissa mukana vain aika- ja kustannusmuuttujat, joille on määritetty yht. tasokorjauskerr oin  
 F havaintojen määrää on kasvatettu valitsematta jääneen kulkutavan vastauksilla, ja malliin on lisätty uusi muuttuja "valitsematta jäänyt kulkutapa". Muille muuttujille määritettiin yhteinen tasokorjauskerroin kuten mallissa E  
 G kuten edellä lisäämällä malliin muuttuja "valitsematta jäänyt kulkutapa" ja määrittämällä muille muuttujille omat tasokorjauskertoimet kuten mallissa A



### 4.3.3 RP-mallien päivitys RP-aineistolla

RP-mallien siirrettävyyttä tutkittiin määrittämällä

- A kaikille muuttujille omat tasokorjauskertoimet
- B matka-aikamuuttujille (juna+ha) yhteinen tasokorjauskerroin
- C kaikille aika- ja kustannusmuuttujille yhteinen tasokorjauskerroin ja
- D kaikille muuttujille yhteinen tasokorjauskerroin.

Mallien siirtämisen tulokset on esitetty taulukoissa 4-6.

RP-mallien siirtäminen onnistui työ- ja asiointimatkoilla hyvin. Muilla matkoilla tulokset olivat heikompia, mikä saattoi johtua matkamääritysten eroista vuosien 1982 ja 1989 tutkimuksissa. Lisäksi aika- ja kustannusmuuttujien käsittely erikseen aiheutti kaikissa matkaryhmissä ongelmia.

*Työmatkamallissa* A kustannus- ja aikamuuttujien tasokorjauskertoimet olivat korkeat. Mallissa B tasokorjauskerroin oli lähempänä ykköstä ja mallissa C aika- ja kustannusmuuttujat olivat siirrettävissä sellaisenaan. Henkilöauton vaihtoehtokohtaisen vakion kerroin oli mallissa D vastoin odotuksia lähellä ykköstä.

Autonkäyttömahdollisuuden vaikutus oli kaikissa malleissa pienempi kuin vuoden 1982 ajanarvotutkimuksessa. Sen sijaan matkan suuntautumisella keskustaan oli molemmissa tutkimuksissa sama merkitys. Kumpikaan muuttujista ei vaikuttanut mallin D kaikille muuttujille yhteiseen tasokorjauskertoimeen.

Sekä työ- että asiointimatkoilla valitsemattoman vaihtoehdon ajan arvo oli suurempi kuin valitulla vaihtoehdolla.

*Liikematkoilla* mallin A kustannustekijä oli siirrettävissä sellaisenaan, kun taas matka-aika autossa sai kertoimen 1,5. Mallin B matka-aikaparametri oli lähempänä ykköstä. Toisaalta ajan arvo oli mallissa B liki kaksinkertainen OVD-malleihin verrattuna. Mallin C muuttujat olivat matkan tarkoitusta kuvaavaa muuttujaa lukuunottamatta siirrettävissä sellaisenaan.

Kuten työmatkamallissakin autonkäyttömahdollisuutta kuvaava muuttuja oli siirrettävissä sellaisenaan, mutta matkan suuntautuminen keskustaan lisäsi aiempaa selvästi enemmän junalla tehtävien matkojen osuutta.

*Muilla matkoilla* matka-aika sai korkean arvon ja kustannusmuuttuja alhaisen. Malleissa B ja C sekä aika- että kustannusmuuttujan kerroin oli alle yhden.

Taulukko 4: Hollannissa tehtyjen RP-mallien päivittäminen RP-aineistolla - työmatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.

| MALLI                   | A       | B      | C      | D      |
|-------------------------|---------|--------|--------|--------|
| Havaintoja:             | 374     | 374    | 374    | 374    |
| Likelihood-arvo:        | -161.3  | -176.9 | -181.9 | -183.0 |
| Kustannukset            | 1.456*  | 1.419* | 1.033  | 0.936  |
|                         | (7.3)   | (7.2)  | (7.5)  | (8.8)  |
| Matka-aika (ha)         | 1.420   | 0.642  | **     | **     |
|                         | (5.7)   | (3.5)  |        |        |
| Matka-aika (ju)         | 0.801   | **     | **     | **     |
|                         | (4.1)   |        |        |        |
| Auton käyttömahd.       | 0.633   | 0.627  | 0.706  | **     |
|                         | (3.1)   | (3.3)  | (3.8)  |        |
| Määräp. keskusta (juna) | 1.224   | 1.160  | 0.904  | **     |
|                         | (3.4)   | (3.4)  | (2.8)  |        |
| Vakio (ha)              | -0.096* | 0.392* | 0.668* | 0.781  |
|                         | (0.5)   | (2.2)  | (4.4)  | (6.9)  |

Taulukko 5 : Hollannissa tehtyjen RP-mallien päivittäminen RP-aineistolla - liike-matkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.

| MALLI                    | A      | B      | C      | D      |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Havaintoja:              | 520    | 520    | 520    | 520    |
| Likelihood-arvo:         | -247.8 | -255.4 | -258.8 | -261.7 |
| Kustannukset             | 0.912  | 0.646  | 1.002  | 1.019  |
|                          | (4.6)  | (3.5)  | (7.7)  | (8.7)  |
| Matka-aika (ha)          | 1.456* | 1.312  | **     | **     |
|                          | (7.6)  | (7.2)  |        |        |
| Matka-aika (juna)        | 1.121  | **     | **     | **     |
|                          | (5.9)  |        |        |        |
| Auton käyttömahdollisuus | 0.739  | 0.726  | 0.713  | **     |
|                          | (2.7)  | (2.7)  | (2.7)  |        |
| Määräp. keskusta (juna)  | 3.399* | 3.033  | 3.468* | **     |
|                          | (2.9)  | (2.6)  | (3.1)  |        |
| Vakio (ha)               | -0.173 | 1.055  | 0.927  | 1.582  |
|                          | (0.3)  | (2.3)  | (2.1)  | (5.1)  |

Taulukko 6 : Hollannissa tehtyjen RP-mallien päivittäminen RP-aineistolla - "muut matkat" mallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot.

| MALLI                    | A      | B      | C      | D      |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Havaintoja:              | 476    | 476    | 476    | 476    |
| Likelihood-arvo:         | -217.2 | -244.4 | -246.4 | -247.4 |
| Kustannukset             | 0.251  | 0.158  | 0.151  | 0.147  |
|                          | 0.527* | 0.534* | 0.449* | 0.481* |
|                          | (6.2)  | (6.6)  | (6.8)  | (7.8)  |
| Matka-aika (ha)          | 2.247* | 0.195* | **     | **     |
|                          | (6.5)  | (1.4)  |        |        |
| Matka-aika(juna)         | 1.000  | **     | **     | **     |
|                          | (5.1)  |        |        |        |
| Auton käyttömahdollisuus | 0.616  | 0.482* | 0.479* | **     |
|                          | (2.4)  | (2.1)  | (2.1)  |        |
| Määräp. keskusta (juna)  | 0.776  | 0.902  | 0.823  | **     |
|                          | (2.9)  | (3.6)  | (3.4)  |        |
| Vakio (ha)               | -0.934 | -0.155 | 0.870  | 1.228  |
|                          | (0.9)  | (0.2)  | (1.2)  | (3.0)  |

\* Poikkeaa 95 % merkitsevyystasolla ykkösestä

\*\* Estimoitu yhdessä alapuolella olevan muuttujan kanssa

lähde: Hague Consulting Group 1990



#### 4.3.4 RP-mallien päivitys SP- ja RP-aineistoilla

SP-aineistosta saatavaa lisähyötyä testattiin päivittämällä RP-mallit pelkäs-  
tään vuoden 1989 RP-aineiston perusteella ja vertaamalla tuloksia malleihin,  
joiden päivittämisessä oli käytetty myös SP-tutkimuksen tuloksia. Koska  
aineistot perustuivat eri tutkimusmenetelmiin, lähtökohtana oli, että vaihtoeht-  
okohtainen vakio määritettiin kaikissa malleissa uudelleen. Mallien siirtä-  
mistä testattiin

- A määrittämällä auton vaihtoehtokohtainen vakio uudelleen
- B ottamalla huomioon tulotason muutos kustannustekijässä vuosien  
1982-89 välillä, kustannukset jaettiin luvulla 1,15
- C ottamalla huomioon tulotason muutos vuosien 1982-89 välillä käyttä-  
mällä aikamuuttujalle kerrointa 1,15
- D määrittämällä vaihtoehtokohtainen vakio uudelleen ja kaikille muuttu-  
jille yhteinen tasokorjauskerroin
- E määrittämällä vaihtoehtokohtainen vakio ja kaikille muuttujille yhteinen  
tasokorjauskerroin siten, että kustannus- ja aikamuuttujan kerroin  
määritettiin SP-mallista
- F määrittämällä vaihtoehtokohtainen vakio ja kaikille muuttujille yhteinen  
tasokorjauskerroin siten, että kustannus- ja aikamuuttujan kerroin  
määritettiin tarkennetusta SP-mallista ja
- G estimoimalla RP-aineiston perusteella kokonaan uusi malli.

Samassa yhteydessä tutkittiin myös erilaisten RP-aineistojen vaikutusta  
mallien hyvyyteen. Mallit estimoitiin käyttämällä

- \* matkatottumustutkimuksista saatuja henkilöiden itsensä ilmoittamia  
matka-aikoja ja -kustannuksia ("self-reported RP")
- \* verkosta sijoittelemalla saatuja matka-aikoja ja -kustannuksia  
("network RP") ja
- \* verkosta sijoittelemalla saatuja matka-aikoja ja -kustannuksia, joita oli  
täydennetty henkilön ilmoittamilla lipputyypin, pysäköintityypin yms.  
tiedoilla ("adjusted network RP data").

Mallien siirtämisestä saadut tulokset on esitetty taulukossa 7. Mallien  
hyvyyttä testattiin  $p^2$ -arvolla, oikein ennustettujen osuuksia tarkastelemalla  
(ennustettu valinta on havaittu valinta) ja  $\chi^2$ -testillä.

Tulotason korjaus tai muuttujien tasokorjaaminen eivät useimmissa tapauk-  
sissa parantaneet työ- ja liikematkamalleja. Muiden matkojen mallia tasokor-  
jaus paransi selvästi. Kaikkein tehokkaimmaksi kuitenkin osoittautui mallien  
uudelleen estimointi. SP-aineiston käyttö ei parantanut työ- ja liikematkamal-  
lien siirrettävyyttä.

Käytettäessä verkosta saatuja SP-haastattelun perusteella tarkennettuja  
matka-aikoja ja -kustannuksia antoi jo pelkkä vaihtoehtokohtaisen vakion  
estimointi kohtuullisen hyviä tuloksia. Toisaalta tasokorjaus tai pelkkä tulota-  
son korjaus eivät enää parantaneet työ- ja liikematkamalleja. Muiden matko-  
jen malli parani jonkin verran tasokorjauskerrointa käytettäessä.



Taulukko 7: Hollannissa tehtyjen RP-mallien päivittäminen RP- ja SP-aineistoilla - mallien hyvyyden testaus [Hague Consulting Group 1990].

| Matka-aika-jakustannukset<br>haastatteluista | Työmatkat                       |                     |                              | Liikematkat                     |                      |                               | Muut matkat                     |                      |                              |
|--|---------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Otoskoko:                                    | KAIKKI<br>148<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>78<br>oik.% | JUNA<br>70<br>X <sup>2</sup> | KAIKKI<br>236<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>130<br>oik.% | JUNA<br>106<br>X <sup>2</sup> | KAIKKI<br>227<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>144<br>oik.% | JUNA<br>83<br>X <sup>2</sup> |
| Vakion korjaus                               | 0.332                           | 0.619               | ---                          | 0.345                           | 0.594                | ---                           | 0.110                           | 0.595                | ---                          |
| Kust.tekijän korjaus                         | 0.360                           | 0.618               | 1.000                        | 0.368                           | 0.593                | 0.000                         | 0.186                           | 0.594                | 3.571                        |
| Aikatekijän korjaus                          | 0.360                           | 0.627               | 4.000                        | 0.367                           | 0.601                | -0.667                        | 0.141                           | 0.597                | 0.200                        |
| Tasokorjaus                                  | 0.338                           | 0.603               | 1.000                        | 0.346                           | 0.598                | 2.000                         | 0.241                           | 0.564                | 4.245                        |
| Tasokorj.+SP yksink.                         | 0.333                           | 0.580               | -2.778                       | 0.324                           | 0.569                | -0.191                        | 0.309                           | 0.567                | 2.667                        |
| Tasokorj.+Sp tark                            | 0.297                           | 0.576               | -2.455                       | 0.278                           | 0.541                | -0.086                        | 0.276                           | 0.567                | 4.000                        |
| Uusi malli                                   | 0.572                           | 0.663               | 11.636                       | 0.593                           | 0.680                | 8.647                         | 0.563                           | 0.659                | 8.000                        |

| Matka-aika ja kustannukset<br>verkosta | Työmatkat                       |                      |                               | Liikematkat                     |                      |                               | Muut matkat                     |                      |                               |
|--|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Otoskoko:                              | KAIKKI<br>374<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>234<br>oik.% | JUNA<br>140<br>X <sup>2</sup> | KAIKKI<br>520<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>366<br>oik.% | JUNA<br>154<br>X <sup>2</sup> | KAIKKI<br>476<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>334<br>oik.% | JUNA<br>142<br>X <sup>2</sup> |
| Vakion korjaus                         | 0.133                           | 0.625                | ---                           | 0.237                           | 0.648                | ---                           | -0.048                          | 0.649                | ---                           |
| Kust.tekijän korjaus                   | 0.138                           | 0.625                | 0.333                         | 0.241                           | 0.648                | 0.333                         | 0.072                           | 0.648                | 0.286                         |
| Aikatekijän korjaus                    | 0.124                           | 0.629                | 2.000                         | 0.241                           | 0.654                | 1.923                         | 0.031                           | 0.650                | -0.200                        |
| Tasokorjaus                            | 0.156                           | 0.601                | 0.048                         | 0.237                           | 0.647                | 0.000                         | 0.175                           | 0.613                | 2.752                         |
| Tasokorj.+SP yksit.                    | 0.085                           | 0.557                | -4.587                        | 0.161                           | 0.604                | -8.345                        | 0.166                           | 0.607                | 0.138                         |
| Tasokorj.+SP tark.                     | 0.086                           | 0.557                | -3.814                        | 0.155                           | 0.600                | -6.119                        | 0.152                           | 0.599                | 0.210                         |
| Uusi malli                             | 0.250                           | 0.656                | 6.545                         | 0.284                           | 0.674                | 1.667                         | 0.271                           | 0.667                | 8.981                         |

| Matka-aika- ja kustannukset<br>verkosta + tarkistuksia SP-haas-<br>tattelijien perusteella | Työmatkat                       |                      |                               | Liikematkat                     |                      |                               | Muut matkat                     |                      |                               |
|--|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Otoskoko:  | KAIKKI<br>374<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>234<br>oik.% | JUNA<br>140<br>X <sup>2</sup> | KAIKKI<br>520<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>366<br>oik.% | JUNA<br>154<br>X <sup>2</sup> | KAIKKI<br>476<br>p <sup>2</sup> | AUTO<br>334<br>oik.% | JUNA<br>142<br>X <sup>2</sup> |
| Vakion korjaus   | 0.294                           | 0.684                | ---                           | 0.274                           | 0.666                | ---                           | 0.172                           | 0.702                | ---                           |
| Kust.tekijän korjaus   | 0.285                           | 0.678                | 0.333                         | 0.277                           | 0.664                | -0.818                        | 0.188                           | 0.695                | -6.000                        |
| Aikatekijän korjaus  | 0.286                           | 0.686                | 0.333                         | 0.278                           | 0.671                | 2.273                         | 0.157                           | 0.702                | -1.000                        |
| Tasokorjaus  | 0.294                           | 0.679                | 1.000                         | 0.274                           | 0.667                | 1.000                         | 0.250                           | 0.658                | 4.412                         |
| Tasokorj.+SP yksink.   | 0.168                           | 0.607                | -11.919                       | 0.182                           | 0.616                | -5.070                        | 0.228                           | 0.644                | -0.017                        |
| Tasokorj.+SP tark.   | 0.176                           | 0.612                | -8.257                        | 0.178                           | 0.615                | -3.689                        | 0.202                           | 0.630                | -0.333                        |
| Uusi malli   | 0.378                           | 0.725                | 6.564                         | 0.313                           | 0.688                | 2.689                         | 0.342                           | 0.707                | 2.279                         |

$$\chi^2 = (n_{12} - n_{21}) * | (n_{12} - n_{21}) / (n_{12} + n_{21}) |$$

missä  $n_{12}$ =niiden mallissa 2 oikein ennustettujen lkm., jotka malli 1 ennusti väärin  
 $n_{21}$ =niiden mallissa 1 oikein ennustettujen lkm., jotka malli 2 ennusti väärin

#### 4.4 Ruotsin ja Hollannin mallien siirto Helsingborgiin [Widlert 1990]

##### 4.4.1 Yleiset periaatteet

Vuonna 1989 kokeiltiin matkatuotos-, suuntautumis- ja kulkutapamallien siirtämistä Helsingborgiin. Mallien siirto liittyi Stellan Lundbergin ja Transekin tekemään tutkimukseen linja-autoliikenteen matkustustarpeesta taajamissa.

Mallit laadittiin taulukon 8 mukaisesti kuudelle matkaryhmälle. Suluissa esitetty luku on Hollannin Zuidvleugel-tutkimuksessa saatu ajan arvo asianomaisen matkaryhmän matkoille.

*Taulukko 8: Helsingborgiin siirretyt mallit matkaryhmittäin [Widlert 1990].*

| matkatyyppi | ajan arvo<br>(kruunua) | kulkutapa | suuntaut. | matkatuotos |
|-------------|------------------------|-----------|-----------|-------------|
| työ         | (18)                   | G         | Z         | Z           |
| ostos       | (14)                   | J         | J         | Z           |
| asiointi    | (10)                   | Z         | Z         | Z           |
| virkistys   | (33)                   | Z         | Z         | Z           |
| vierailu    | (12)                   | Z         | Z         | Z           |
| muut        | (12)                   | Z         | Z         | Z           |

G=Göteborg, J= Jönköping, Z=Zuidvleugel-tutkimus

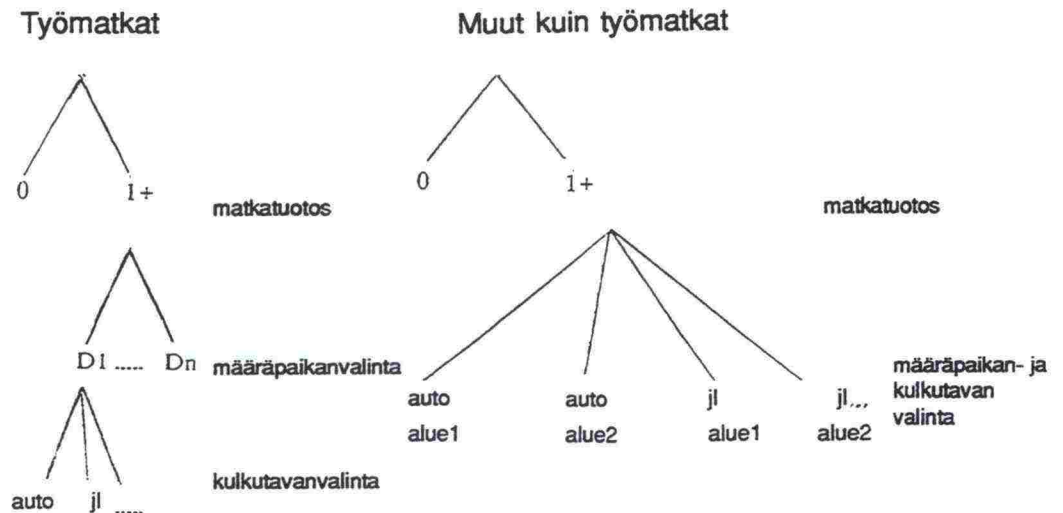
Pääosa malleista siirrettiin Haagissa ja Rotterdamissa tehdystä Zuidvleugel-tutkimuksesta. Työmatkojen kulkutapamallit sekä ostosmatkojen kulkutapa- ja määräpaikanvalintamallit siirrettiin Göteborgissa vuonna 1982 ja Jönköpingissä vuonna 1979 tehdystä tutkimuksista. Mallit kalibrointiin käyttäen Helsingborgissa vuonna 1979 tehdyn matkatottumustutkimuksen aineistoa, joka käsitti 4 365 havaintoa. Lisäksi tutkimusaineistoa täydennettiin rekisteistä saaduilla tiedoilla ja Helsingborgin liikenneverkkotiedoilla.

Tutkitut kulkutavat olivat henkilöauto, joukkoliikenne ja kevytliikenne.

Malleja siirrettäessä vaihtoehtokohtaiset vakiot estimoitiin matkatuotos- ja kulkutapamalleissa uudelleen. Tasokorjauskertoimet estimoitiin kulkutapamalleissa erikseen liikenteellisille ja muille muuttujille. Määräpaikanvalinta- ja matkatuotosmalleissa muuttujille estimoitiin yksi yhteinen tasokorjauskerroin, mutta kuitenkin siten, että osa-alueen kokoa ja luonnetta kuvaavien maankäytön kokotekijöiden kertoimet kiinnitettiin määräpaikan valintamallissa ykköseksi, jotta malli ei olisi riippuvainen osa-aluejaoista.

Zuidvleugel-tutkimusta tehtäessä Hollannissa ei ollut estimointiohjelmia, jolla strukturoitu malli olisi voitu estimoida simultaanisesti, minkä vuoksi Zuidvleugel-tutkimuksessa kaikki työmatkojen mallit on estimoitu vaiheittain. Muille matkaryhmille määräpaikanvalinta- ja kulkutapamallit on estimoitu simultaanisesti ja matkatuotokset erikseen. Göteborgissa kaikki mallit oli estimoitu simultaanisesti. Käytetyt mallirakenteet on esitetty kuvassa 13.





Kuva 13: Jönköpingissä, Göteborgissa ja Zuidvleugel-tutkimuksessa käytetyt mallirakenteet [Widert 1990].

Helsingborgin tutkimusta tehtäessä mallit voitiin estimoida simultaanisesti Alogit-ohjelmalla. Tämä mahdollisti logsum-muuttujien kertoimien tarkemman määrittämisen siirrettyssä mallissa.

Malleja siirrettäessä täytyi joitakin muuttujia jättää pois. Tällaisia olivat mm. alueiden luonnetta kuvaavat dummy-muuttujat. Lisäksi pois jätettiin matkan ajankohdasta riippuvat muuttujat, koska ajankohtaan liittyviä tietoja ei ollut käytettävissä. Matkatuotosmalleissa alkuperäisten mallien muuttujat selittivät valintaa "ei matkoja". Siirrettyissä malleissa matkatuotostason muuttujat selittivät valintaa "1+ matkaa", minkä vuoksi tasokorjauskerroin oli kaikissa matkatuotosmalleissa negatiivinen.

Taulukoissa 9-14 on esitetty mallien siirtämisestä saadut tulokset matkaryhmittäin.

#### 4.4.2 Työmatkamallit

Työmatkamalleissa liikenteellisten muuttujien tasokorjauskerroin poikkesi 95 %:n merkitsevyystasolla ykkösestä, mutta ero oli pieni. Muut kulkutapamuuttujat olivat siirrettävissä sellaisenaan.

Kulkutapamallissa ajoaika selitti auton valintaa. Malli antoi ajan arvoksi 17 kruunua tunnissa.

Joukkoliikenteen valintaan vaikuttivat matkakustannus, ajoaika kulkuvälineessä, kävely aika pysäkille/ltä, odotus- ja vaihtoajat sekä matkustajan sukupuoli. Pysäkiltä/lle kävelyajan sekä odotus- ja vaihtoajan painoarvo oli kaksinkertainen verrattuna ajoaikaan. Lisäksi naiset olivat halukkaampia käyttämään joukkoliikennettä kuin miehet.

Pyöräily- ja kävelyvaihtoehdon valintaan vaikutti ratkaisevasti matkan pituus. Liikkumisaika jalan tai pyörällä koettiin kolme kertaa raskaammaksi kuin autossa tai julkisessa kulkuvälineessä.

Taulukko 9: Helsingborgiin siirrettyjen työmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Widlert 1990].

| Muuttuja  | alkuperäinen kerroin | tasokorjauskerroin<br>tai uusi parametri |
|---|----------------------|--|
| <u>Kulikutavan valinta</u>                                  |                      |  |
| Vakio (ha)  | 0,6951 (2,0)         | 1,2800 (8,0)                             |
| Vakio (pp)  | -0,0732 (-1,9)       | 1,2190 (7,5)                             |
| Vakio (käv)   | 1,2200 (3,3)         | 2,6740 (11,9)                            |
| <u>Liikenteelliset muuttujat (Tk)</u>                       |                      | 1,2680 (15,1)                            |
| Ajoaika (ha,jl)   | -0,0132 (-2,6)       |  |
| Matkakustannukset (ha,jl)                                   | -0,0560 (-4,1)       |  |
| Kävelyaika pysäköintiin (jl)                                | -0,0598 (-3,7)       |  |
| Kävelyaika pysäkille (jl)                                   | -0,0315 (-2,0)       |  |
| Kävely- ja pyöräilyaika (käv)                               | -0,0452 (-8,8)       |  |
| Odotusaika (jl)   | -0,0201 (-2,8)       |  |
| Vaihtoaika (jl)   | -0,0286 (-2,9)       |  |
| <u>Muut kulkutavan valinta-<br/>muuttujat (Tk)</u>          |                      | 1,4370 (5,4)                             |
| Dummy määräpaikka<br>keskusta (ha)                          | -0,8769 (-3,3)       |  |
| Dummy sukupuoli (jl)  | 0,6886 (3,7)         |  |
| -----   |                      |  |
| <u>Määräpaikan kokomuuttuja</u>                             |                      |  |
| In (työntekijöitä)  | 1,0 ( - )            | 1,0 ( - )                                |
| <u>Muut määräpaikan<br/>valintamuuttujat (Tk)</u>           |                      | 0,6320 (6,8)                             |
| Matkan pituus, km   | -0,0669 (-19,6)      |  |
| Matkan pituus, jos nainen                                   | -0,0246 (-5,1)       |  |
| Dummy asukastiheys  | -0,0092 (-2,4)       |  |
| Dummy osa-alueen sis.matka                                  | 0,9730 ( 10,2)       |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                                      | -                    | 0,1974 (3,3)                             |
| -----   |                      |  |
| <u>Vakio "ei matkoja"</u>                                   | 0,3470 (2,3)         | -0,6257 (-9,9)                           |
| <u>Matkatuotosmuuttujat (Tk)</u>                            |                      | -0,0781 (-0,8)                           |
| Kotitalouden koko (1+)                                      | 0,0568 (1,4)         |  |
| Dummy yli 64-vuotias (1+)                                   | -0,8840 (-1,4)       |  |
| Ikä-56 tai jos se oli negatiivinen,<br>niin arvo nolla (1+) | -0,2210 (-5,4)       |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                                      | -                    | -0,8698 (10,1)                           |
| -----   |                      |  |
| Havaintojen lukumäärä                                       |                      | 1809                                     |
| p <sup>2</sup> -arvo  |                      | 0,4609                                   |

(1,1) t-arvo

Tk Tasokorjauskerroin, jolla alkuperäiset kertoimet pitää kertoa malleja siirrettäessä



Koska kulkutavan- ja määräpaikanvalintamallien logsum-muuttujien kertoimet poikkesivat merkitsevästi ykkösestä, oli mallin strukturointi perusteltua. Vaikka periaatteessa tuntuisi epätodennäköiseltä, että työpaikan saavutettavuus vaikuttaisi todennäköisyyteen tehdä työmatka, saattaa se vaikuttaa osapäiväistä työtä tekevän valintaan tehdä työtä muutama tunti päivässä tai kokopäiväisesti muutamana päivänä.

Matkatuotusmallien siirtäminen Helsingborgiin ei onnistunut. Tämän arveltiin johtuvan otoksen valikoituneisuudesta, mikä aiheutti sen, että suurinta osaa Zuidvleugel-tutkimuksen muuttujista ei voitu käyttää siirretyissä malleissa.

#### **4.4.3 Ostosmatkamallit**

Ostosmatkamallit siirrettiin Jönköpingistä (kulkutavan ja määräpaikan valintamallit) ja Zuidvleugel-tutkimuksesta (matkatuotusmalli). Jotta Jönköpingissä simultaanisesti estimoidut mallit voitiin yhdistää Zuidvleugel-tutkimuksen mallien kanssa, jouduttiin Jönköpingin mallit estimoimaan uudelleen strukturoituina.

Lähtötietojen huonon saatavuuden vuoksi maankäytön kokotekijän määrittely poikkesi alkuperäisestä. Jönköpingissä kokotekijänä oli käytetty liikepinta-alaa ja Helsingborgissa alueen työssäkäyvien määrää. Erilainen määrittely on mahdollinen, koska alueen työssäkävijöiden määrä ja liikepinta-ala korreloivat voimakkaasti keskenään. Kokotekijän kerroin kiinnitettiin ykköseksi, jotta mallit olisivat määrittelytavasta ja aluejaosta riippumattomia.

Liikenteellisten muuttujien siirrettävyys oli hyvä (tasokorjauskerroin ei poikennut 95 %:n merkitsevyystasolla ykkösestä), kun taas muiden kulkutapamuuttujien ja matkatuotusmuuttujien merkitys jäi Helsingborgissa alle puoleen alkuperäisestä.

Kulkutapamallista määräpaikan valintamalliin siirrettävän logsum-muuttujan kerroin ei poikennut merkitsevästi ykkösestä. Jönköpingissä ja Zuidvleugel-tutkimuksessa kulkutavan- ja määräpaikan valintamallit estimoititiin molemmat alunperin simultaanisesti, mikä implisiittisesti merkitsee, että logsum-muuttujien kerroin oli 1,0. Tulos vahvisti käsitystä, että simultaaninen mallirakenne oli riittävä.

Mahdollisesti simultaanisen estimoinnin vuoksi määräpaikan valintatason logsum-kerroin oli selvästi suurempi kuin Zuidvleugel-tutkimuksessa, jossa se oli lähellä nollaa.

Ajanarvoksi ostosmatkoilla saatiin 14,6 kruunua tunnissa.

#### **4.4.4 Asiointimatkamallit**

Asiointimatkamallien liikenteelliset muuttujat sekä määräpaikan valintaa ja matkatuotoksia selittävät muuttujat olivat siirrettävissä Helsingborgiin sellaisenaan (tasokorjauskerroin ei poikennut merkitsevästi ykkösestä). Sensijaan muut kulkutapamuuttujat (henkilöauton käyttöä kuvaava muuttuja, sukupuoli) eivät selittäneet kulkutavan valintaa kohdealueella (tasokorjauskerroin ei poikennut 95 %:n merkitsevyystasolla nollasta ja muuttujan etumerkki oli väärä).

Taulukko 10: Helsingborgiin siirrettyjen ostosmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Widlert 1990].

| Muuttuja  | alkuperäinen kerroin | tasokorjauskerroin<br>tai uusi parametri |
|---|----------------------|--|
| <u>Kulikutavan valinta</u>                          |                      |  |
| Vakio (ha)  | - 4,3630 (-7,6)      | - 1,0760 (-4,4)                          |
| Vakio (jl)  | - 4,5860 (-8,1)      |  |
| Vakio (pp)  | - 3,0550 (-14,1)     | - 0,2222 (-0,7)                          |
| Vakio (käv)   | 3,1310 (11,0)        |  |
| <u>Liikenteelliset muuttujat (Tk)</u>               |                      | 1,0260 (12,0)                            |
| Ajoaika (ha,jl)                                     | - 0,0316 (-4,5)      |  |
| Matkakustannukset (ha,jl)                           | - 0,2288 (-6,4)      |  |
| Kävelyaika pysäkille (jl)                           | - 0,0578 (-3,0)      |  |
| Odotus- ja vaihtoaika (jl)                          | - 0,0872 (-2,9)      |  |
| Kävely- ja pyöräilyaika (käv+pp)                    |                      |  |
| 0 - 50 min  | - 0,0910 (-15,1)     |  |
| 51 min -  | - 0,0443 (-6,7)      |  |
| <u>Muut kulikutavan valinta-<br/>muuttujat (Tk)</u> |                      | 0,4069 (3,3)                             |
| Perheen autonkäyttöä<br>kuvaava muuttuja (ha)       | 0,9119 (2,5)         |  |
| Dummy sukupuoli (jl)                                | 1,4730 (4,9)         |  |
| Dummy sukupuoli (kv)                                | 0,7484 (3,1)         |  |
| Dummy ansiotyössä (ha)                              | 0,8955 (3,6)         |  |
| kotitalouden koko (ha)                              | 0,4293 (4,2)         |  |
| ikä (jl)  | 0,0182 (2,9)         |  |
| <u>Määräpaikan kokomuuttuja</u>                     |                      |  |
| ln (liikepinta-ala)                                 | 1,0                  |  |
| ln (työntekijöitä)                                  |                      | 1,0 ( - )                                |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                              |                      | 1,0910 (10,3)                            |
| <u>Vakio "ei matkoja"</u>                           |                      |  |
|   | - 2,1200 (-7,4)      | -5,1360 (-13,5)                          |
| <u>Matkatuotosmuuttujat (Tk)</u>                    |                      | 0,5114 (8,1)                             |
| Dummy ei-työssäkäyvä (1+)                           | 1,5600 (11,7)        |  |
| Dummy alle 17-vuotias (1+)                          | - 1,8500 (-12,1)     |  |
| Dummy yli 64-vuotias (1+)                           | - 0,3950 (-3,0)      |  |
| Dummy harva-asutus<br>lähtöalueella (1+)            | - 0,4480 (-2,7)      |  |
| Aikuisten lkm (1+)                                  | - 0,1650 (-2,1)      |  |
| Dummy nainen (1+)                                   | 0,7500 (6,6)         |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                              |                      | 0,0052 (0,3)                             |
| <u>Havaintojen lukumäärä</u>                        |                      | 1809                                     |
| $\rho^2$ -arvo                                      |                      | 0,7866                                   |

(1,1) t-arvo

Tk Tasokorjauskerroin, jolla alkuperäiset kertoimet pitää kertoa malleja siirrettäessä



Taulukko 11: Helsingborgiin siirrettyjen asiointimatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Widert 1990].

| Muuttuja   | alkuperäinen kerroin | tasokorjauskerroin<br>tai uusi parametri |
|--|----------------------|--|
| <u>Kulutavan valinta</u>                                 |                      |  |
| Vakio (ha)   | -4,7920 (8,2)        | 0,4187 (0,7)                             |
| Vakio (käv)  | -1,0890 (-0,2)       | - 0,0446 (-0,2)                          |
| <u>Liikenteelliset muuttujat (Tk)</u>                    |                      | 0,9031 (9,9)                             |
| Ajoaika (ha,il)  | -0,0464 (-3,9)       |  |
| Matkakustannukset (ha,il)                                | -0,4720 (-8,6)       |  |
| Kävelyaika pysäkille (il)                                | -0,0673 (-2,8)       |  |
| Odotus- ja vaihtoaika (il)                               | -0,0237 (-2,0)       |  |
| Kävely- ja pyöräilymatka (käv+pp)                        | -0,5390 (-10,9)      |  |
| <u>Muut kulutavan valinta-<br/>muuttujat (Tk)</u>        |                      | - 0,3221 (-1,3)                          |
| Autoja / ajokortteja                                     | 2,0000 (4,9)         |  |
| Dummy nainen, jolla ajokortti<br>ja auto käytössään (ha) | 1,5200 (3,6)         |  |
| -----  |                      |  |
| <u>Määräpaikan kokomuuttuja</u>                          | 1,0 (-)              | 1,0 (-)                                  |
| Asukasluku   | 0,0337               |  |
| Dummy kaupan alalla<br>työskentelevä                     | 0,1075               |  |
| Dummy palvelualalla<br>työskentelevä                     | 1,0                  |  |
| <u>Muut määräpaikan<br/>valintamuuttujat (Tk)</u>        |                      | 1,1250 (2,1)                             |
| Dummy keskustamatka                                      | 0,5500 (2,7)         |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                                   | -                    | 1,0 (-)                                  |
| -----  |                      |  |
| <u>Vakio "ei matkoja"</u>                                | - 2,2500 (-10,6)     | - 5,2400 (-11,1)                         |
| <u>Matkatuotosmuuttujat (Tk)</u>                         |                      | 0,8198 (3,7)                             |
| Dummy alle 17-vuotias (1+)                               | - 1,4200 (-7,8)      |  |
| Dummy yli 64-vuotias (1+)                                | - 0,2300 (-1,6)      |  |
| Dummy ei-ansiotyössä (1+)                                | 0,7500 (5,1)         |  |
| Dummy nainen (1+)  | 0,2800 (2,2)         |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                                   | -                    | 0,3008 (4,1)                             |
| -----  |                      |  |
| Havaintojen lukumäärä                                    |                      | 4221                                     |
| p <sup>2</sup> -arvo                                     |                      | 0,9313                                   |

(1,1) t-arvo

Tk Tasokorjauskerroin, jolla alkuperäiset kertoimet pitää kertoa malleja siirrettäessä

Kulikutapamallista määräpaikan valintamalliin siirrettävän logsum-muuttujan kerroin oli vapaasti estimoitaessa 2,0. Mallistruktuuria ei kuitenkaan muutettu tämän vuoksi, vaan valittiin helpompi ja hieman epätyydyttävämpi tapa tilanteen korjaamiseksi - parametri kiinnitettiin ykköseksi, mikä merkitsee, että kaksi alemmaa tasoa estimoitiin simultaanisesti.

#### **4.4.5 Virkistysmatkamallit**

Virkistysmatkamallien liikenteellisten muuttujien ja muiden kulikutapamuuttujien tasokorjauskertoimet poikkesivat kaikista malliryhmistä selvimmin ykkösestä (eli alkuperäisen mallin liikenteelliset muuttujat selittivät uutta tilannetta huonoimmin virkistysmatkamalleissa). Koska virkistysmatkamalli oli ainoa Zuidvleugel-malleista, joissa ajanarvo poikkesi hyväksyttävistä arvoista, on syytä epäillä, etteivät alkuperäiset parametrit olleet täysin tyydyttäviä.

Määräpaikan valintaa selittävän muuttujan (määräalueen asukasmäärä/pinta-ala) tasokorjauskerroin oli 25,1. Tämä alunperin negatiivinen kerroin osoitti, että harvaan asutuille alueille tehdään mieluummin virkistysmatkoja kuin kaikkein tiheimmin asutuille alueille. Korkea tasokorjauskerroin selittyy todennäköisesti Hollannin ja Helsingborgin tutkimusalueiden suurilla asukastiheyseroilla. Helsingborgin alhainen asukastiheys nosti kertoimen arvoa.

Matkatuotosmuuttujien tasokorjauskerroin 0,6 poikkesi merkitsevästi sekä nollasta että ykkösestä.

Kulikutapamallista määräpaikan valintamalliin siirrettävän logsum-muuttujan kerroin sai kuten asiointimatkamallissakin vapaasti estimoitaessa yli ykkösen arvon, minkä vuoksi se kiinnitettiin ykköseksi.

#### **4.4.6 Vierailumatkamallit**

Vierailumatkojen liikenteelliset muuttujat, muut kulikutapamuuttujat ja määräpaikan valintamuuttujat olivat siirrettävissä ilman tasokorjauskertoimia. Matkatuotosmuuttujien tasokorjauskerroin oli noin 0,6.

Sekä määräpaikan valintamallista matkatuotosmalliin että kulikutapamallista määräpaikan valintamalliin siirrettävän logsum-muuttujan kerroin poikkesi 95 %:n merkitsevyystasolla sekä nollasta että ykkösestä. Strukturoidun mallin käyttö oli siis perusteltua.

#### **4.4.7 Muiden matkojen mallit**

"Muiden matkojen" mallit sisälsivät matkoja, joita ei ole voitu sijoittaa muihin matkaryhmiin. Määrittelyn epätarkkuudesta johtuen myös mallien siirtämisestä saadut tulokset olivat heikommat kuin muissa matkaryhmissä.

Liikenteellisten muuttujien tasokorjauskertoimeksi saatiin 2,0. Yhtenä syynä kertoimen suuruuteen oli, ettei Zuidvleugel-tutkimuksessa pystytty estimoimaan erikseen ajo-, odotus-, vaihto-, ja kävelyaikoja. Määräpaikan valintamuuttujat olivat siirrettävissä sellaisenaan. Muiden kulikutapamuuttujien tasokorjauskerroin oli lähellä ykköstä, mutta ei poikennut merkitsevästi nollasta.



Taulukko 12: Helsingborgiin siirrettyjen virkistysmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Widert 1990].

| Muuttuja   | alkuperäinen kerroin  | tasokorjauskerroin<br>tai uusi parametri |
|--|---|--|
| <u>Kulutavan valinta</u>                                     |   |  |
| Vakio (ha)   | - 3,9930  | - 0,5631 (-2,2)                          |
| Vakio (käv)  | 0,2690  | 1,2230 (7,2)                             |
| <u>Liikenteelliset muuttujat (Tk)</u>                        |   | 0,4038 (15,5)                            |
| Ajoaika (ha,il)  | - 0,0735 (-6,1)   |  |
| Matkakustannukset (ha,il)                                    | - 0,2320 (-4,3)   |  |
| Kävelyaika pysäkillä (il)                                    | - 0,0688 (-2,6)   |  |
| Odotus- ja vaihtoaika (il)                                   | - 0,1450 (-3,2)   |  |
| Kävely- ja pyöräilyetäisyys (käv+pp)                         | - 0,5220 (-18,7)  |  |
| Matkan pituus < 6 km (ha)                                    | 1,0200 (-5,0)   |  |
| <u>Muut kulutavan valinta-<br/>muuttujat (Tk)</u>            |   | 0,5188 (2,7)                             |
| Autoja / ajokortteja   | 0,7290 (2,5)  |  |
| Dummy nainen, jolla ajokortti<br>ja auto käytössään (ha)     | -0,4460 (-2,1)  |  |
| -----  |   |  |
| <u>Määräpaikan kokomuuttuja</u>                              | 1,0 (-)   | 1,0 (-)                                  |
| Asukasluku   | 0,0728  |  |
| Dummy kaupanalalla<br>työskentelevä                          | 0,3042  |  |
| Dummy palvelualalla<br>työskentelevä                         | 1,0   |  |
| <u>Muut määräpaikanvalintamuuttujat</u>                      |   | 25,130 (1,7)                             |
| asukasta / ha  | - 0,0001 (-5,8)   |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                                       |   | 1,0 (-)                                  |
| -----  |   |  |
| <u>Vakio "ei matkoja"</u>                                    | - 1,5800 (-5,6)   | - 4,8950 (-11,1)                         |
| <u>Matkatuotosmuuttujat (Tk)</u>                             |   | 0,5781 (3,3)                             |
| Dummy nainen (1+)  | - 1,2820 (-2,6)   |  |
| Dummy alle 16-vuotias (1+)                                   | 0,9310 (8,3)  |  |
| ei ansiotyössä (1+)  |   |  |
| Dummy nainen, jolla ajo-<br>kortti ja auton käyttömahd. (1+) | 0,7000 (3,8)  |  |
| Dummy eläkeläinen (1+)                                       | 0,5540 (3,3)  |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                                       |   | 0,4256 (6,4)                             |
| -----  |   |  |
| Havaintojen lukumäärä  |   | 3646                                     |
| $\rho^2$ -arvo   |   | 0,8204                                   |
| -----  |   |  |
| (1,1) t-arvo   |   |  |
| Tk   | Tasokorjauskerroin, jolla alkuperäiset kertoimet pitää kertoa malleja siirrettäessä |  |

**Taulukko 13:** *Helsingborgiin siirrettyjen vierailumatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Widlert 1990].*

| Muuttuja  | alkuperäinen kerroin | tasokorjauskerroin<br>tai uusi parametri |
|---|----------------------|--|
| <u>Kulikutavan valinta</u>                          |                      |  |
| Vakio (ha)  | - 2,7700             | - 0,4046 (-1,1)                          |
| Vakio (jl)  | - 2,9850             | - 0,8220 (-2,7)                          |
| <u>Liikenteelliset muuttujat (Tk)</u>               |                      | 1,2150 (6,3)                             |
| Ajoaika (ha,jl)                                     | - 0,0220 (-5,1)      |  |
| Matkakustannukset (ha,jl)                           | - 0,1950 (-14,5)     |  |
| Kävelyaika pysäkille (jl)                           | - 0,0227 (-2,9)      |  |
| Odotus- ja vaihtoaika (jl)                          | - 0,0182 (-3,3)      |  |
| Kävely- ja pyöräilyetäisyys (käv+pp)                | - 0,3540 (-13,1)     |  |
| <u>Muut kulikutavan valinta-<br/>muuttujat (Tk)</u> |                      | 0,8009 (3,4)                             |
| Autoja / ajokortteja (ha)                           | 1,3500 (5,2)         |  |
| Dummy yli 45 vuotias (ha)                           | 1,4100 (4,0)         |  |
| Dummy nainen (ha)                                   | - 0,6540 (-1,8)      |  |
| <u>Määräpaikan kokomuuttuja</u>                     | 1,0 (-)              | 1,0 (-)                                  |
| <u>Muut määräpaikan<br/>valintamuuttujat (Tk)</u>   |                      | 0,7175 (2,0)                             |
| Dummy määräpaikka<br>harvaanasuttu                  | 0,7510 (4,9)         |  |
| Dummy sisäinen matka                                | 0,5520 (4,2)         |  |
| Asukastiheys määräalueella                          | - 0,00004 (-4,3)     |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                              | -                    | 0,5430 (5,1)                             |
| <u>Vakio "ei matkoja"</u>                           | - 1,6500 (-10,4)     | - 7,5210 (-7,7)                          |
| <u>Matkatuotosmuuttujat (Tk)</u>                    |                      | 0,6145 (4,5)                             |
| Kotitalouden koko (1+)                              | - 0,1120 (2,9)       |  |
| Dummy ei ansiotyössä (1+)                           | 1,0900 (9,9)         |  |
| Dummy alle 16-vuotias (1+)                          | - 1,1900 (-8,3)      |  |
| Dummy eläkeläinen (1+)                              | - 0,4750 (-3,5)      |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                              | -                    | 0,5979 (5,0)                             |
| Havaintojen lukumäärä                               |                      | 4159                                     |
| $\rho^2$ -arvo                                      |                      | 0,8944                                   |

(1,1) t-arvo

Tk Tasokorjauskerroin, jolla alkuperäiset kertoimet pitää kertoa malleja siirrettäessä



Taulukko 14: Helsingborgiin siirrettyjen "muut matkat"-mallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Widlert 1990].

| Muuttuja   | alkuperäinen kerroin | tasokorjauskerroin<br>tai uusi parametri |
|--|----------------------|--|
| <u>Kulikutavan valinta</u>                         |                      |  |
| Vakio (ha)   | - 3,8700             | - 0,8666 (-0,6)                          |
| Vakio (jl)   | - 0,6210             | - 0,3005 (-1,1)                          |
| <u>Liikenteelliset muuttujat (Tk)</u>              |                      | 1,9720 (4,4)                             |
| Ajoaika (ha,jl)                                    | - 0,0216 (-3,1)      |  |
| Matkakustannukset (ha,jl)                          | - 0,1870 (-3,3)      |  |
| Kävely- ja pyöräilyetäisyys (käv+pp)               | - 0,2780 (-9,2)      |  |
| <u>Muut kulkutavan valinta-<br/>muuttujat (Tk)</u> |                      | 0,8835 (0,7)                             |
| Autoja / ajokortteja (ha)                          | 1,2600 (4,0)         |  |
| Dummy yli 45 vuotias (ha)                          | 1,7300 (3,4)         |  |
| Dummy nainen                                       | 0,3840 (3,2)         |  |
| <u>Määräpaikan kokomuuttuja</u>                    | 1,0 (-)              | 1,0 (-)                                  |
| <u>Muut määräpaikan<br/>valintamuuttujat (Tk)</u>  |                      | 0,8902 (3,0)                             |
| Matkan pituus                                      | -0,0752 (-3,8)       |  |
| Dummy, matka keskustaan                            | 1,0400 (7,4)         |  |
| Dummy, harvaanasuttu määräalue                     | 0,5840 (2,9)         |  |
| Dummy, osa-alueen sis.matka                        | 1,2300 (11,2)        |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                             | -                    | 0,2554 (1,7)                             |
| <u>Vakio "ei matkoja"</u>                          | - 1,8200 (-7,5)      | - 6,7020 (-7,1)                          |
| <u>Matkatuotosmuuttujat (Tk)</u>                   |                      | 0,4856 (2,5)                             |
| Kotitalouden koko (1+)                             | - 0,1980 (-2,4)      |  |
| Dummy ei ansiotyössä (1+)                          | 0,4030 (2,5)         |  |
| nainen, on ajokortti ja auto (1+)                  |                      |  |
| Dummy alle 17-vuotias (1+)                         | - 1,6300 (-9,6)      |  |
| Dummy eläkeläinen (1+)                             | - 0,4160 (-2,4)      |  |
| < 16-vuotiaiden lasten lkm (1+)                    | 0,2090 (4,9)         |  |
| Dummy ei ansiotyössä (1+)                          | 0,8200 (6,2)         |  |
| <u>Logsum-muuttuja</u>                             | -                    | 0,4269 (3,5)                             |
| Havaintojen lukumäärä                              |                      | 4233                                     |
| $\rho^2$ -arvo                                     |                      | 0,9251                                   |

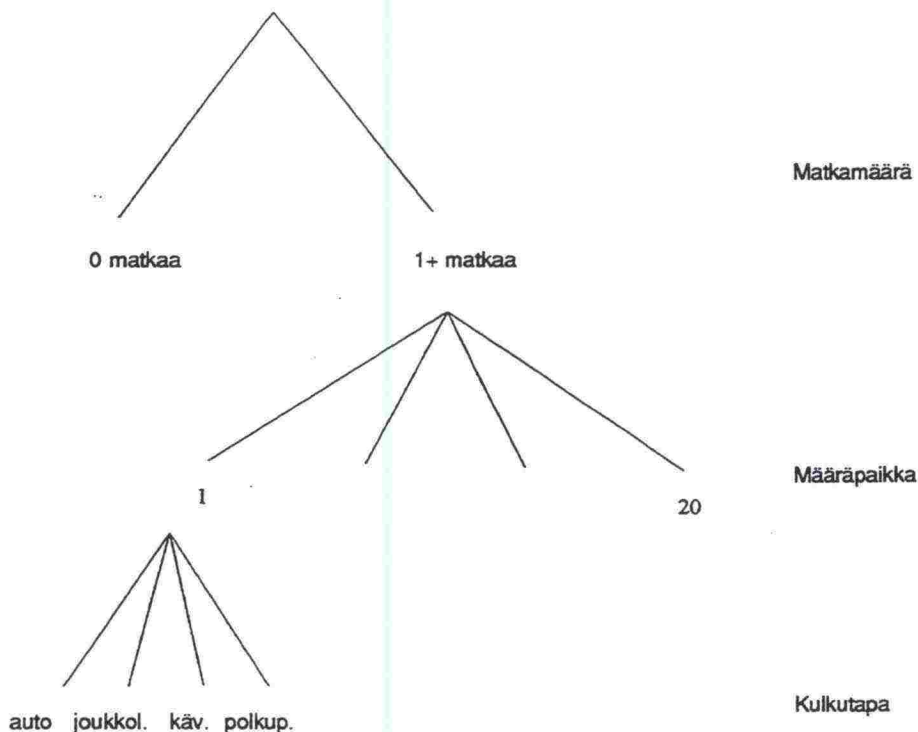
(1,1) t-arvo

Tk Tasokorjauskerroin, jolla alkuperäiset kertoimet pitää kertoa malleja siirrettäessä

## 4.5 Helsingborgin työ- ja ostosmatkamallien siirto Osloon [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994]

### 4.5.1 Yleiset periaatteet

Norjassa kokeiltiin vuonna 1990 Helsingborgissa tehtyjen (kts. luku 4.4) työ- ja ostosmatkamallien siirtämistä Osloon-Akerhusin seudulle. Mallijärjestelmä koostui matkatuotos-, määräpaikanvalinta- ja kulkutapamalleista. Työmatkoilla käytetty mallirakenne on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14: Helsingborgiin vuonna 1989 siirrettyjen työmatkamallien mallirakenne.

Mallien siirtämistä testattiin (menetelmiä on kuvattu tarkemmin luvussa 3.3)

- \* suoraan siirtämällä, jolloin alkuperäinen malli siirrettiin sellaisenaan ilman kalibrointia (malli 1)
- \* konaisuutena siirtämällä, jolloin vaihtoehtokohtaiset vakiot määritettiin uudelleen (malli 2)
- \* paloittain siirtämällä, jolloin vaihtoehtokohtaiset vakiot määritettiin uudelleen ja liikenteellisille muuttujille, muille kulkutapamuuttujille, määräpaikan valintamuuttujille sekä matkatuotusmuuttujille määritettiin kullekin yksi koko muuttujaryhmää koskeva korjauskerroin (malli 3)
- \* estimoimalla alkuperäiset mallit kokonaan uudelleen (malli 4) ja
- \* estimoimalla kokonaan uudet mallit (myös uusia muuttujia - malli 5).



#### 4.5.2 Työmatkamallit

Yhteenvedo työmatkamallien siirtämisestä on esitetty taulukossa 17.

Neljällä ensimmäisellä siirtämistavalla saadut tulokset viittasivat siihen, että mallirakennetta pitäisi tarkentaa viidennessä kokeilussa. Mallit näyttivät mm. yliarvioivan yhden auton talouden matkoja ja ennustavan liian vähän matkoja kotitalouksille, joissa on kaksi autoa. Tämän vuoksi viidenteen vaiheeseen lisättiin kotitalouden autonkäyttöä kuvaava muuttuja autoja/aikuisia. Lisäksi kulkutapamallissa testattiin "kantakaupunkiin" suuntautuvien matkojen -dummy-muuttujaa auto- ja polkupyörävaihtoehdoille. Matkatuotosmalliin lisättiin kolme uutta dummy-muuttujaa: mies osa-aikatyössä, nainen osa-aikatyössä ja nainen, jolla on pieniä lapsia.

Mallien siirtoa testattiin tarkastelemalla vakiotermejä (mallit 2-5), matkakustannuksia (malli 3), tasokorjauskertoimia (malli 3) ja logsum-kertoimia (mallit 1-5).

Tutkimuksen mukaan alkuperäiset mallit selittivät kohdepaikkakunnan valintoja kohtuullisen hyvin. Toisaalta mikään muuttujaryhmä ei ollut siirrettävissä sellaisenaan ilman tasokorjauskerrointa eli kaikki tasokorjauskertoimet poikkesivat merkitsevästi sekä nolasta että ykkösestä (taulukko 15).

*Taulukko 15 : Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien tasokorjauskertoimien poikkeavuus nolasta ja ykkösestä [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|                    | Liikent.<br>muuttujat | Muut<br>kulkutavan<br>val.muutt. | Määrä-<br>paikan<br>valinta | Matkatuotos<br>muuttujat |
|--------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Tasokorjauskerroin | 0,5713                | 0,7517                           | 1,1230                      | -1,8430                  |
| t(0)               | 26,9                  | 15,9                             | 31,4                        | -4,3                     |
| t(1)               | -20,2                 | -5,2                             | 3,4                         | -6,7                     |

Työmatkojen ajanarvo malleissa 1-3 oli 19 kruunua ja malleissa 4-5 vastavasti 35 kruunua tunnissa.

Sekä t-testin (taulukko 16) että  $p^2$ -arvojen perusteella mallien siirrettävyyttä paransi eniten vaihtoehtokohtaisten vakioden uudelleenestimointi, mutta sen jälkeen muutokset olivat pieniä.

*Taulukko 16: Helsingborgin ja Osloon työmatkamallien vaihtoehtokohtaisten vakioden poikkeavuus toisistaan t-testillä mitattuna. Ero on merkitsevä 95 % :n merkitsevyystasolla, jos | t-arvo | on yli 1,96 [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|         | ha   | pp   | kävely | matkatuotos |
|---------|------|------|--------|-------------|
| malli 2 | -0,4 | 9,1  | 5,4    | 72,0        |
| malli 3 | 0,4  | 11,2 | 8,4    | 2,3         |
| malli 4 | 1,3  | 11,0 | 8,6    | 3,4         |
| malli 5 | 4,9  | 7,3  | 7,7    | 1,8         |

**Taulukko 17: Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].**

| Työmatkamallit   | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaisenaan | Malli 2<br>vaihtoehto-<br>kohtaiset vakiot<br>uudelleen | Malli 3<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +<br>vaihtoehtokoht.<br>vakiot | Malli 4<br>uudelleen-<br>estimoitu<br>malli (vanha<br>rakenne) | Malli 5<br>"paras<br>mahd.<br>malli" |
|--|--|---|---|--|--------------------------------------|
| <b>Kulutavan valinta</b>                                   |  |   |   |  |                                      |
| <i>Henkilöautomuuttajat</i>                                |  |   |   |  |                                      |
| Vakio (ha)   | 1,2800<br>(-)                          | 1,3420<br>(33,2)  | 1,2070<br>(18,8)  | 1,0230<br>(9,7)  | 0,0199<br>(0,1)                      |
| Matkakustannus   | -0,0562<br>(-)                         | -0,0562<br>(-)  | -0,0307<br>(-22,2)  | -0,0318<br>(-18,9)   | -0,0294<br>(-17,3)                   |
| Tasokorjauskerroin liikenteellisille muuttujille           |  |   | 0,5713 <sup>TK</sup><br>(26,9)                                      |  |                                      |
| Ajoaika  | -0,0167<br>(-)                         | -0,0167<br>(-)  | (-0,0095)<br>(-)  | -0,0167<br>(-7,3)  | -0,0184<br>(-7,8)                    |
| Kävelyaika pysäköintiin                                    | ei tietoja                             | ei tietoja  | ei tietoja  | ei tietoja   | ei tietoja                           |
| Tasokorjauskerroin "muille kulkutapamuuttujille"           |  |   | 0,7517 <sup>TK</sup><br>(15,9)                                      |  |                                      |
| Dummy määräpaikka kanta-kaupungissa ydinkeskustassa        | -1,2601<br>(-)                         | -1,2601<br>(-)  | (-0,9472)<br>(-)  | -0,9227<br>(-10,8)   |                                      |
| Dummy määräpaikka ydinkeskustassa                          |  |   |   |  | -1,9900<br>(-14,2)                   |
| Dummy määräpaikka kanta-kaupungissa ydinkesk. ulkopuolella |  |   |   |  | -0,8097<br>(-9,2)                    |
| Autoja/aikuisia  |  |   |   |  | 1,7460<br>(14,0)                     |
| <i>Joukkoliikennemuuttajat</i>                             |  |   |   |  |                                      |
| Matkakustannus   | -0,0562<br>(-)                         | -0,0562<br>(-)  | -0,0307<br>(-22,2)  | -0,0318<br>(-18,9)   | -0,0294<br>(-17,3)                   |
| Tasokorjauskerroin liikenteellisille muuttujille           |  |   | 0,5713 <sup>TK</sup><br>(26,9)                                      |  |                                      |
| Ajoaika  | -0,0167<br>(-)                         | -0,0167<br>(-)  | (-0,0095)<br>(-)  | -0,0167<br>(-7,3)  | -0,0184<br>(-7,8)                    |
| Kävelyaika pysäköintiin                                    | -0,0399<br>(-)                         | 0,0399<br>(-)   | (-0,0228)<br>(-)  | -0,0153<br>(-4,9)  | -0,0112<br>(-3,6)                    |
| Odotus- ja vaihtoaika                                      | -0,0306<br>(-)                         | -0,0306<br>(-)  | (-0,0175)<br>(-)  | -0,0307<br>(-6,8)  | -0,0243<br>(-5,3)                    |
| Tasokorjauskerroin "muille kulkutapamuuttujille"           |  |   | 0,7517 <sup>TK</sup><br>(15,9)                                      |  |                                      |
| Dummy nainen   | 0,9895<br>(-)                          | 0,9895<br>(-)   | (0,07438)<br>(-)  | 0,6660<br>(9,7)  | 0,7739<br>(10,9)                     |
| <i>Pyöräilymuuttajat</i>                                   |  |   |   |  |                                      |
| Vakio (pp)   | 1,2190<br>(-)                          | -0,4058<br>(-5,6)                                       | -0,7942<br>(-10,2)  | -1,0800<br>(-8,3)  | -0,4202<br>(-2,7)                    |
| Liikenteellisten muuttujien tasokorjauskerroin             |  |   | 0,5713 <sup>TK</sup><br>(26,9)                                      |  |                                      |
| Pyöräilyaika   | -0,0573<br>(-)                         | -0,0573<br>(-)  | (0,0327)<br>(-)   | -0,0326<br>(-25,5)   | -0,0355<br>(-17,4)                   |



Taulukko 17 jatkuu...

| Työmatkamallit                               | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaisenaan | Malli 2<br>vaihtoehto-<br>kohtaiset vakiot<br>uudelleen | Malli 3<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +<br>vaihtoehtokoht.<br>vakiot | Malli 4<br>uudelleen-<br>estimoitu<br>malli (vanha<br>rakenne) | Malli 5<br>"paras<br>mahd.<br>malli |
|--|--|---|---|--|-------------------------------------|
| Dummy määräpaikka kaupungissa                |  |   |   |  | -1,3010<br>(-4,7)                   |
| Dummy määräpaikka keskustassa                |  |   |   |  | -0,5592<br>(-3,6)                   |
| <i>Kävelymuuttujat</i>                       |  |   |   |  |                                     |
| Vakio (jk)                                   | 2,6740<br>(-)                          | 1,3750<br>(16,8)  | 0,6569<br>(7,6)   | 0,4263<br>(3,2)  | 0,6189<br>(4,4)                     |
| Liik.muut tasokorjauskertoim                 |  |   | 0,5713 <sup>Tk</sup><br>(26,9)                                      |  |                                     |
| Kävelyaika                                   | -0,0573<br>(-)                         | -0,0573<br>(-)  | (-0,0327)<br>(-)  | -0,0326<br>(-25,5)   | -0,0313<br>(-21,8)                  |
| <b>Määräpaikan valinta</b>                   |  |   |   |  |                                     |
| <i>Alueen vetovoimaa kuvaavat muuttujat</i>  |  |   |   |  |                                     |
| Ansiotyössä olevien lkm                      | 1,0000<br>(-)                          | 1,0000<br>(-)   | 1,0000<br>(-)   | 1,0000<br>(-)  | 1,0000<br>(-)                       |
| <i>Muut muuttujat</i>                        |  |   |   |  |                                     |
| Määräpaikan valinnan taso-<br>korjauskertoim |  |   | 1,1230 <sup>Tk</sup><br>(31,4)                                      |  |                                     |
| Matkan pituus, km                            | -0,0423<br>(-)                         | -0,0423<br>(-)  | (-0,0475)<br>(-)  | -0,0417<br>(-19,7)   | -0,0390<br>(-20,5)                  |
| Matkan pituus, jos nainen, km                | -0,0155<br>(-)                         | -0,0155<br>(-)  | (-0,0174)<br>(-)  | -0,0193<br>(-10,2)   | -0,0191<br>(-10,0)                  |
| Dummy asukastiheys                           | ei tietoja                             | ei tietoja  | ei tietoja  | ei tietoja   | ei tietoja                          |
| Dummy kehän sis. matka                       | 0,6149<br>(-)                          | 0,6149<br>(-)   | (0,6905)<br>(-)   | 1,1820<br>(11,0)   | 1,1420<br>(10,7)                    |
| Logsum                                       | 0,1974                                 | 0,1974  | 0,0248  | 0,0768   | 0,1322                              |
| kuluttavan valintatasolta                    | (-)                                    | (-)   | (0,7)   | (2,1)  | (4,3)                               |
| <b>Matkatuotokset</b>                        |  |   |   |  |                                     |
| Vakio "ei matkoja"                           | -0,6257<br>(-)                         | -5,653<br>(-190,8)                                      | -1,0140<br>(-6,5)   | -1,2880<br>(-7,0)  | -0,9838<br>(-5,1)                   |
| Tasokorjauskertoim                           |  |   | -1,8430 <sup>Tk</sup><br>(-4,3)                                     |  |                                     |
| Kotitalouden koko (1+)                       | -0,0044<br>(-)                         | -0,0044<br>(-)  | (0,0081)<br>(-)   | 0,0363<br>(1,7)  | 0,0477<br>(2,2)                     |
| Dummy yli 64-vuotias (1+)                    | 0,0690<br>(-)                          | 0,0690<br>(-)   | (-0,1272)<br>(-)  | 0,2141<br>(1,0)  |                                     |
| Yli 56 vuotiaita (1+)                        | 0,0173<br>(-)                          | 0,0173<br>(-)   | (-0,0319)<br>(-)  | -0,0508<br>(-3,3)  |                                     |
| Dummy yli 50-vuotias (1+)                    |  |   |   |  | -0,3676<br>(-5,9)                   |
| Dummy mies osa-aikatyössä (1+)               |  |   |   |  | -1,0010<br>(-11,)                   |
| Dummy nainen osa-aikatyössä (1+)             |  |   |   |  | -0,9402<br>(-11,3)                  |
| Dummy nainen, jolla lapsia (1+)              |  |   |   |  | -0,3300<br>(-2,9)                   |
| Logsum                                       | 0,8698                                 | 0,8698  | 0,2709  | 0,2921   | 0,2914                              |
| määräpaikanvalintatasolta                    | (-)                                    | (-)   | (14,2)  | (14,6)   | (14,2)                              |
| Log-likelihood arvo                          | -30606                                 | -22944  | -22044  | -22007   | -21668                              |
| p <sup>2</sup>                               | 0,1639                                 | 0,3732  | 0,3978  | 0,3988   | 0,4080                              |

(1.1) Suluissa oleva luku muuttujien kertoimen alla on t-arvo.

(1.111) Muuttuja-arvo suluissa on tasokorjauskertoimella korjattu parametri-arvo.

Tk) Tasokorjauskertoim

Kulikutapamallista määräpaikan valintamalliin siirrettävän logsum-muuttujan kerroin ei poikennut malleissa 4-5 merkitsevästi alkuperäisen mallin kertoimista. Sensijaan malleissa 3 ja kaikissa määräpaikan valintamalleissa tilanne oli päinvastainen. Logsum-muuttujan arvo oli malleissa 3-5 hyvin pieni. Tulos on järkevä, jos oletetaan, ettei työpaikan saavutettavuus vaikuta ratkaisevasti päivittäiseen päätökseen työmatkan tekemisestä.

Siirrettyjen mallien kykyä ennustaa kulkutavanvalintaa on tarkasteltu taulukossa 18. Koska kävely- ja pyöräilymatkojen määrä jäi postikyselyssä selvästi todellista pienemmäksi, käytettiin vertailussa myös Oslossa samana vuonna tehtyä puhelinhaastattelua.

**Taulukko 18:** *Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien kulkutapaosuudet eri malleilla ennustettuna [Algers et al. 1994].*

|    | Malli 1     |    | Malli 2     |    | Malli 3        |    | Malli 4    |    | Malli 5 |    | Posti- |    | Puhelin- |    |
|----|-------------|----|-------------|----|----------------|----|------------|----|---------|----|--------|----|----------|----|
|    | siirtäminen |    | vaihtoehto- |    | tasokorjaus-   |    | uudelleen- |    | "paras  |    | kysely |    | kysely   |    |
|    | sellaise-   |    | kohtaiset   |    | kertoimet +    |    | estimoitu  |    | mahd.   |    |        |    |          |    |
|    | naan        |    | uudelleen   |    | ve.koht.vakiot |    | malli      |    | malli"  |    |        |    |          |    |
|    | N           | %  | N           | %  | N              | %  | N          | %  | N       | %  | N      | %  | N        | %  |
| Ha | 4500        | 53 | 3778        | 58 | 3667           | 57 | 3687       | 57 | 3679    | 57 | 3606   | 56 | 313      | 51 |
| Jl | 2446        | 29 | 2072        | 32 | 2245           | 35 | 2205       | 34 | 2216    | 34 | 2282   | 35 | 206      | 34 |
| Kv | 1513        | 18 | 623         | 10 | 561            | 9  | 581        | 9  | 578     | 9  | 585    | 9  | 93       | 15 |

Taulukosta havaitaan, että tasokorjatut ja uudelleenestimoidut mallit ennustivat valintoja hyvin. Suoraan siirretty malli ennusti "liikaa" kävely- ja pyöräilymatkoja ja liian vähän automattoja. Toisaalta verrattaessa tuloksia puhelinhaastattelusta saatuihin tuloksiin, suoraan siirretty malli ennusti kulkutavan valinnan parhaiten.

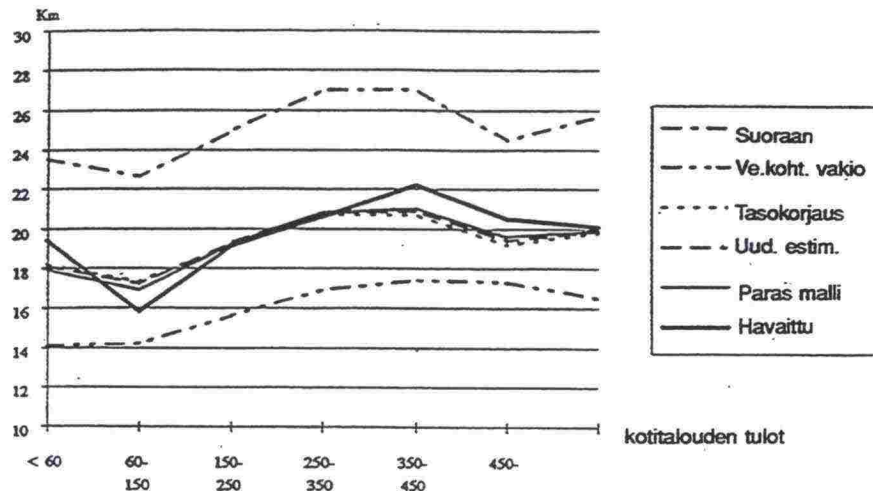
Mallit, joiden vaihtoehtokohtainen vakio oli estimoitu uudestaan, ennustivat matkatuotoksia hyvin (taulukko 19). Puhelinhaastattelun perusteella oikeat arvot ovat todennäköisesti kuitenkin jonkin verran pienempiä. Suoraan siirretty malli ennusti matkoja selvästi liikaa. Ero saattaa johtua kalibroimattoman mallin taipumuksesta ennustaa liikaa kävely- ja pyöräilymatkoja.

**Taulukko 19:** *Helsingborgista Osloon siirrettyjen työmatkamallien matkatuotokset eri malleilla ennustettuna [Algers et al. 1994].*

|    | Malli 1     |    | Malli 2     |    | Malli 3         |    | Malli 4    |    | Malli 5 |    | Posti- |    | Puhelin- |    |
|----|-------------|----|-------------|----|-----------------|----|------------|----|---------|----|--------|----|----------|----|
|    | siirtäminen |    | vaihtoehto- |    | tasokorjaus-    |    | uudelleen- |    | "paras  |    | kysely |    | kysely   |    |
|    | sellaise-   |    | kohtaiset   |    | kertoimet +     |    | estimoitu  |    | mahd."  |    |        |    |          |    |
|    | naan        |    | uudelleen   |    | ve.koht. vakiot |    | malli      |    |         |    |        |    |          |    |
|    | N           | %  | N           | %  | N               | %  | N          | %  | N       | %  | N      | %  | N        | %  |
| 1+ | 8458        | 99 | 6473        | 76 | 6073            | 76 | 6073       | 76 | 6073    | 76 | 6073   | 76 | 612      | 65 |
| 0  | 60          | 1  | 2046        | 24 | 2046            | 24 | 2046       | 24 | 2046    | 24 | 2046   | 24 | 326      | 34 |



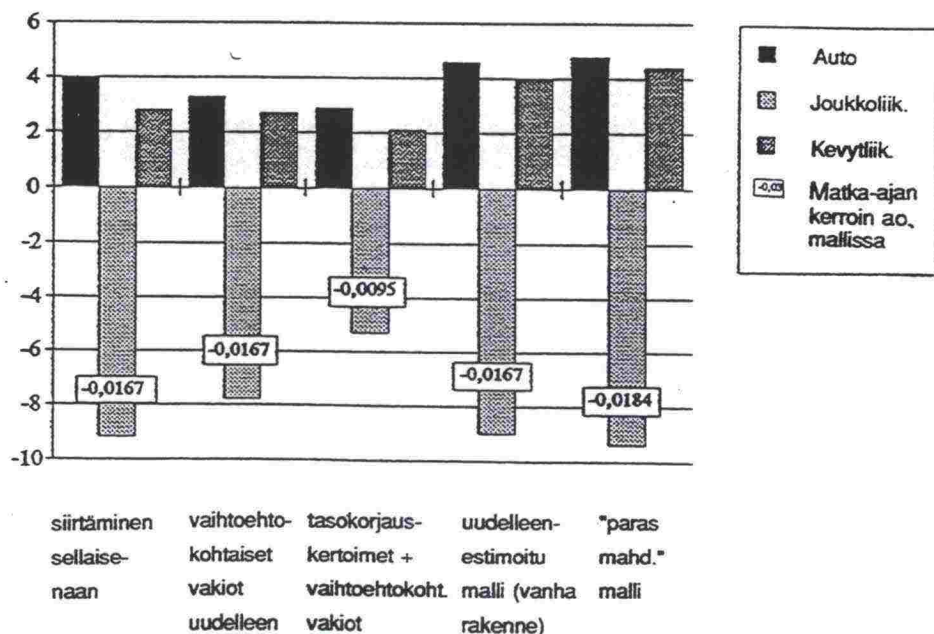
Matkojen keskipituuksia kotitalouden tuloluokan suhteen on tarkasteltu kuvassa 15. Matkapituudet ovat kunkin tuloluokan ryhmäkeskiarvoja. Kuvasta nähdään, että mallit 3 - 5 ennustivat matkojen keskipituudet melko hyvin. Suoraan siirretty malli ennusti matkojen pituuden kaikissa tuloluokissa liian suureksi, ja malli, jossa vain vaihtoehtokohtainen vakio oli estimoitu uudelleen, ennusti matkat liian lyhyiksi.



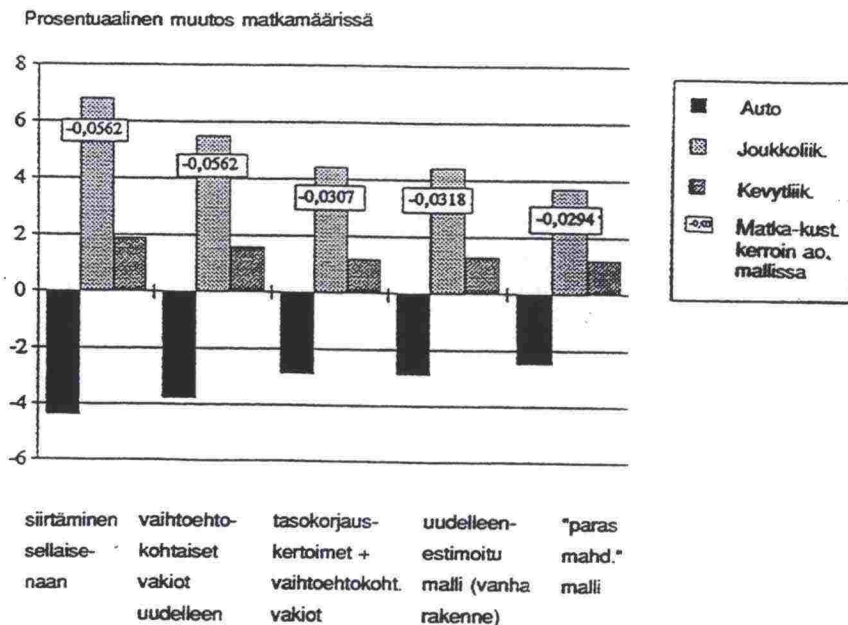
Kuva 15: Matkojen keskipituudet Oslolla tuloluokittain eri malleilla ennustettuna [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Mallien kykyä ennustaa liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutuksia tutkittiin testaamalla ajoneuvokustannusten 10 %:n nousun ja joukkoliikenteen matka-ajan 30 %:n kasvun vaikutuksia kulkutapaosuuksiin (kuvat 16-17). Palkin päällä oleva luku on muutosparametrin arvo.

Prosentuaalinen muutos matkamäärissä



Kuva 16: Joukkoliikenteen matka-ajan 30 %:n kasvun vaikutus Oslon työmatkojen kulkutapajakaumaan eri malleilla ennustettuna [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].



Kuva17: Ajoneuvokustannusten 10 %:n nousun vaikutus Oslon työmatkojen kulkutapajakaumaan [Algers et al. 1994].

Erot suoraan siirretyn ja kokonaan uudelleen estimoidun mallin välillä olivat pieniä. Alkualetuksena oli, että malleja tarkennettaessa kulkutapaosuuksien muutos vähitellen enemmän ja enemmän vastaisi paikallisesti estimoidun mallin ennustamaa muutosta. Näin ei kuitenkaan joukkoliikenteen kustannuksien kasvaessa käynyt. Muutos oli pienin mallilla 3 ja suurin malleilla 5 ja 1 tässä järjestyksessä.

Tilannetta selvittää taulukko 20, jossa liikenteellisten muuttujien kertoimet on esitetty erikseen. Taulukosta havaitaan, että kävelyajan kerroin on selvästi negatiivinen, kun taas ajoajan kerroin on lähempänä nollaa. Molemmat kertoimet vaikuttavat tasokorjauskertoimen suuruuteen. Näinollen tasokorjauskertoimen käyttöön liittyy aina riski, ettei muutosten vaikutusta pystytä ennustamaan luotettavasti, koska tasokorjattavien muuttujien keskinäiset suhteet voivat poiketa toisistaan huomattavastikin lähtö- ja kohdealueilla.

Taulukko 20: Helsingborgosta Osloon siirrettyjen työmatkamallien liikenteellisten muuttujien parametrit ja tasokorjauskertoimet [Algers et al. 1994].

|                    | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaise-<br>naan | Malli 2<br>vaihtoehto-<br>kohtaiset vakiot<br>uudelleen | Malli 3<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +<br>ve.koht. vakiot | Malli 4<br>uudelleen-<br>estimoitu<br>malli | Malli 5<br>"paras<br>mahd."<br>malli |
|--------------------|---|---|---|---|--------------------------------------|
| Kust. (ha,la)      | -0,0562                                     | -0,0562   | -0,0307   | -0,0318                                     | -0,0294                              |
| Tasokorjaus        |   |   | 0,5713  |   |                                      |
| Ajoaika (ha,la)    | -0,0167                                     | -0,0167   | (-0,0095)   | -0,0167                                     | -0,0184                              |
| Liit.käv.aika      | -0,0399                                     | -0,0399   | (-0,0228)   | -0,0153                                     | -0,0112                              |
| Od.- ja vaiht.aika | -0,0306                                     | -0,0306   | (-0,0175)   | -0,0307                                     | -0,0243                              |
| Pyöräilyaika       | -0,0573                                     | -0,0573   | (-0,0327)   | -0,0326                                     | -0,0355                              |
| Kävelyaika         | -0,0573                                     | -0,0573   | (-0,0327)   | -0,0326                                     | -0,0313                              |



### 4.5.3 Ostosmatkamallit

Ostosmatkamallien siirtämisessä noudatettiin pääosin samoja periaatteita kuin työmatkoillakin. Koska alkuperäistä mallirakennetta käytettäessä kulkutavan logsum-muuttujan kerroin sai arvon 3,7 ja ajan arvo oli 200 kruunua tunnissa, estimoitiin ostosmatkamallit 3, 4 ja 5 siten, että määräpaikan valintamallien ja kulkutapamallien keskinäistä asemaa vaihdettiin (mallit 6, 7 ja 9). Tämä on mahdollista, koska logittimallia estimoitaessa valintojen ei tarvitse olla missään tietyssä järjestyksessä.

Mallissa 7 monet sosioekonomisten muuttujien kertoimet eivät poikenneet merkitsevästi nolasta, mikä tarkoittaa, etteivät Helsingborgissa käytetyt muuttujat selittäneet kovin hyvin Oslon havaintoja. Tämä saattoi johtua mallin puutteellisesta kyvystä selittää pienten lähikauppojen houkuttelevuutta. Lähikaupat sijaitsevat asuntoalueilla, joiden vetovoima työpaikkamäärillä mitattuna on pieni. Vetovoimaisiin keskuksiin taas on pitempi matka, minkä vuoksi matka-aikaparametri sai ison negatiivisen arvon. Malleja estimoitaessa tämä kohtuuttoman suuri matka-aika-parametri vaikutti myös muiden muuttujien parametreihin ja huononsi siten mallin selityskykyä.

Virheen poistamiseksi liikenteellisten muuttujien parametrit estimoitiin Oslonsa erillisellä kulkutapamallilla. Ajan arvo oli tässä mallissa 26 kruunua tunnissa. Tämän jälkeen saadut parametrit kiinnitettiin ja mallia 9 estimoitaessa niille estimoitiin oma tasokorjauskerroin, jota tässä kutsutaan liikenteellisten muuttujien korjauskertoimeksi erotuksena tasokorjauskertoimesta, joka on määritetty malleja siirrettäessä.

Keskeisiä uusia dummy-muuttujia mallissa 9 olivat "sisäinen matka autolla", "sisäinen matka kävellen", "matka keskustaan Ibsen-kehän sisäpuolelle", "matka keskustaan Kirkevei-kehän sisäpuolelle", "matka Akerhusin suurkeskustan alueelle" ja "matka Akerhusin pienempään keskustaan".

Yhteenveto ostosmatkamallien siirtämisestä on esitetty taulukossa 22.

Useimmissa tapauksissa vaihtoehtokohtaisten vakioiden uudelleenestimointi oli tarpeellista (taulukko 21).

*Taulukko 21: Helsingborgin ja Oslon ostosmatkamallien vaihtoehtokohtaisten vakioiden poikkeavuus toisistaan t-testillä mitattuna. Ero on merkitsevä 95 %:n merkitsevyystasolla, jos | t-arvo | on yli 1,96 [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|         | ha   | pp   | kävely | 1+ matkaa |
|---------|------|------|--------|-----------|
| malli 3 | -7,3 | -0,1 | 5,0    | 2,9       |
| malli 6 | -8,8 | -0,9 | 3,7    | 2,7       |
| malli 7 | -3,8 | -0,8 | 2,3    | 3,4       |
| malli 9 | 0,9  | 0,1  | 1,9    | -7,6      |



**Taulukko 22:** *Helsingborgista Osloon siirrettyjen ostosmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

| Ostosmatkamallit   | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaisenaan | Malli 3<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +vaihto-<br>ehtokohtaiset<br>vakiot uudelleen | Malli 6<br>tasokorjaus-<br>kertoimet + vaihto-<br>ehtokohtaiset<br>vakiot uudelleen,<br>käännetty struk-<br>tuuri | Malli 7<br>"paras<br>estimoitu<br>malli" - kään-<br>netty struk-<br>tuuri | Malli 8<br>Kulutavan-<br>valintamalli | Malli 9<br>"paras<br>mahd."<br>malli |
|--|--|--|---|---|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Kulutavan valinta</b>   |  |  |   |   |                                       |                                      |
| <i>Henkilöautomuuttajat</i>  |  |  |   |   |                                       |                                      |
| Vakio (ha)   | -1,0760<br>(-)                         | 0,8566<br>(8,2)  | 1,4030<br>(10,0)  | 0,8242<br>(1,9)   | 0,1983<br>(0,3)                       | 0,8575<br>(2,0)                      |
| Kulutapamallista saatujen<br>liikenteellisten muuttujien<br>korjauskertoin |  |  |   |   |                                       | 1,056<br>(26,7)                      |
| Matkakustannus   | -0,1330<br>(-)                         | -0,0109<br>(5,5)   | -0,0788<br>(-18,3)  | -0,0291<br>(-4,5)   | -0,0620<br>(-6,8)                     | (-0,0655)                            |
| Tasokorjauskertoin<br>liikenteellisille muuttujille                        |  | 0,4044 <sup>TM</sup><br>(16,0)   | 1,0380 <sup>TM</sup><br>(19,2)  |   |                                       |                                      |
| Ajoaika  | -0,0324<br>(-)                         | (-0,0131)<br>(-)   | (-0,0336)<br>(-)  | -0,1003<br>(-14,5)  | -0,0271<br>(-2,2)                     | (-0,0286)                            |
| Muiden kulkumuodon valinta-<br>muuttujien tasokorjauskertoin               |  | 0,8324 <sup>TM</sup><br>(6,4)  | 1,3110 <sup>TM</sup><br>(6,9)   |   |                                       |                                      |
| Dummy ansiotyössä  | 0,3644<br>(-)                          | (0,3033)<br>(-)  | (0,4777)<br>(-)   | 0,3368<br>(2,1)   | 0,3672<br>(1,6)                       |                                      |
| Kotitalouden koko  | 0,1747<br>(-)                          | (0,1454)<br>(-)  | (0,2290)<br>(-)   | 0,3593<br>(8,4)   | 0,3066<br>(3,3)                       | 0,3771<br>(7,8)                      |
| Dummy kotitalouden<br>autonkäyttöä   | 0,3711<br>(-)                          | ei tietoja   | ei tietoja  | ei tietoja  | ei tietoja                            | ei tietoja                           |
| Dummy matka keskus-<br>tauta autolla                                       |  |  |   |   | 0,9094<br>(1,7)                       | 3,123<br>(13,3)                      |
| <i>Joukkoliikenteen<br/>muuttajat</i>                                      |  |  |   |   |                                       |                                      |
| Kulutapamallista saatujen<br>liikenteellisten muuttujien<br>korjauskertoin |  |  |   |   |                                       | 1,056<br>(26,7)                      |
| Matkakustannus   | -0,1330<br>(-)                         | -0,0109<br>(-5,5)  | -0,0788<br>(-18,3)  | -0,0291<br>(-4,5)   | -0,0612<br>(-6,8)                     | (-0,0655)                            |
| Tasokorjauskertoin liiken-<br>teellisille muuttujille                      |  | 0,4044 <sup>TM</sup><br>(16,0)   | 1,0380 <sup>TM</sup><br>(19,2)  |   |                                       |                                      |
| Ajoaika  | -0,0324<br>(-)                         | (-0,0131)<br>(-)   | (-0,0336)<br>(-)  | -0,1003<br>(-14,5)  | -0,0271<br>(-2,2)                     | (-0,0286)                            |
| Kävely aika pysäkeille   | -0,0593<br>(-)                         | (-0,0240)<br>(-)   | (-0,0616)<br>(-)  | -0,1355<br>(-6,1)   | -0,0884<br>(-4,3)                     | (-0,0934)                            |
| Odotusaika   | -0,0895<br>(-)                         | (-0,0362)<br>(-)   | (-0,0929)<br>(-)  | -0,0242<br>(-1,1)   | -0,0884<br>(-4,1)                     | (-0,0934)                            |
| Tasokorjauskertoin muille<br>kulutavan valintamuut-<br>tujille             |  | 0,8324 <sup>TM</sup><br>(6,4)  | 1,3110 <sup>TM</sup><br>(6,9)   |   |                                       |                                      |
| Dummy nainen   | 0,5994<br>(-)                          | (0,4989)<br>(-)  | (0,7858)<br>(-)   | 0,5891<br>(2,4)   | 0,7257<br>(2,0)                       | 0,4174<br>(1,6)                      |
| Ikä  | 0,0074<br>(-)                          | (0,0062)<br>(-)  | (0,0097)<br>(-)   | 0,0162<br>(2,8)   | 0,0321<br>(3,5)                       | 0,0231<br>(3,7)                      |

## Taulukko 22 jatkuu..

| Ostosmatkamallit  | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaisenaan | Malli 3<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +vaihto-<br>ehtokohtaiset<br>vakiot uudelleen | Malli 6<br>tasokorjaus-<br>kertoimet + vaihto-<br>ehtokohtaiset<br>vakiot uudelleen,<br>käännetty struk-<br>tuuri | Malli 7<br>"paras<br>estimoitu<br>malli" - kään-<br>netty struk-<br>tuuri | Malli 8<br>Kulutavan-<br>valintamalli | Malli 9<br>"paras<br>mahd."<br>malli |
|---|--|--|---|---|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Pyöräilymuuttujat</i>  |  |  |   |   |                                       |                                      |
| Vakio (pp)  | -0,2222<br>(-)                         | -0,1725<br>(0,9)   | 0,1212<br>(0,5)   | 0,2210<br>(0,5)   | -0,4988<br>(-0,6)                     | 0,1049<br>(0,3)<br>1,056<br>(26,7)   |
| Kulutusmallista saatujen<br>liikenteellisten muuttujien<br>tasokorjauskertoimen |  |  |   |   |                                       |                                      |
| Tasokorjauskertoimen liik-<br>enteellisille muuttujille                         |  | 0,4044 <sup>TK</sup><br>(16,0)   | 1,0380 <sup>TK</sup><br>(19,2)  |   |                                       |                                      |
| Dummy pyöräilymatka<br>alle 50 min  | -0,0934<br>(-)                         | (-0,0378)<br>(-)   | (-0,0969)<br>(-)  | -0,1712<br>(-13,9)  | -0,0829<br>(-6,0)                     | (-0,0875)                            |
| Dummy pyöräilymatka<br>yli 50 min   | -0,0454<br>(-)                         | (-0,0184)<br>(-)   | (-0,0471)<br>(-)  | -0,0132<br>(-7,1)   | -0,0272<br>(-5,0)                     | (-0,0287)                            |
| <i>Kävelymuuttujat</i>  |  |  |   |   |                                       |                                      |
| Vakio (jk)  | 3,1310<br>(-)                          | 1,5550<br>(12,0)   | 1,880<br>(10,4)   | 1,9490<br>(4,6)   | 2,031<br>(2,5)                        | 1,851<br>(4,7)<br>1,056              |
| Kulutusmallista saatujen<br>liikenteellisten muuttujien<br>korjauskertoimen     |  |  |   |   |                                       |                                      |
| Tasokorjauskertoimen liik-<br>enteellisille muuttujille                         |  | 0,4044 <sup>TK</sup><br>(16,0)   | 1,0380 <sup>TK</sup><br>(19,2)  |   |                                       |                                      |
| Dummy kävelyaika<br>alle 50 min   | -0,0934<br>(-)                         | (-0,0378)<br>(-)   | (-0,0969)<br>(-)  | -0,1712<br>(-13,9)  | -0,0829<br>(-6,0)                     | (-0,0875)                            |
| Dummy kävelyaian<br>osuus yli 50 min.   | -0,0454<br>(-)                         | (-0,0184)<br>(-)   | (-0,0471)<br>(-)  | -0,0132<br>(-7,1)   | -0,0272<br>(-5,0)                     | (-0,0287)                            |
| Dummy nainen  | 0,3045<br>(-)                          | (0,1231)<br>(-)  | (0,3161)<br>(-)   | 0,1970<br>(1,0)   | 0,4369<br>(1,8)                       |                                      |
| Dummy matka kes-<br>kustaan kävellään   |  |  |   |   | -1,172<br>(-2,9)                      | 1,582<br>(3,7)                       |
| <i>Määräpaikan valinta</i>  |  |  |   |   |                                       |                                      |
| <i>Vetovoimamuuttujat</i>   |  |  |   |   |                                       |                                      |
| Vapaa-ajan palv.<br>työssäkävijöiden lkm.                                       | 1,0000<br>(-)                          | 1,0000<br>(-)  | 1,0000<br>(-)   | 1,0000<br>(-)   |                                       | 1,0000<br>(-)                        |
| Dummy matka keskustaan<br>Ibsen-kehan sisäpuolelle                              |  |  |   |   |                                       | -0,9334<br>(5,0)                     |
| Dummy matka keskustaan<br>Kirkevei-kehan<br>sisäpuolelle                        |  |  |   |   |                                       | -0,7433<br>(-5,7)                    |
| Dummy matka Akerhusin<br>pääkeskustaan  |  |  |   |   |                                       | 1,943<br>(6,8)                       |
| Dummy matka Akerhusin<br>pienempään keskustaan                                  |  |  |   |   |                                       | 1,906<br>(9,0)                       |
| Logsum  | 1,0910<br>(-)                          | 3,7760<br>(14,1)   | 0 4440<br>(12,7)  | 0,4068<br>(11,5)  |                                       | 0,5648<br>(11,6)                     |

Taulukko 22 jatkuu...

| Ostosmatkamallit             | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaisenaan | Malli 3<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +vaihto-<br>ehtokohtaiset<br>vakiot uudelleen | Malli 6<br>tasokorjaus-<br>kertoimet + vaihto-<br>ehtokohtaiset<br>vakiot uudelleen,<br>käännetty struk-<br>tuuri | Malli 7<br>"paras<br>estimoitu<br>malli" - kään-<br>netty struk-<br>tuuri | Malli 8<br>Kulutavan-<br>valintamalli | Malli 9<br>"paras<br>mahd."-<br>malli |
|------------------------------|--|--|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Matkatuotokset</b>        |  |  |   |   |                                       |                                       |
| Vakio "ei matkoja"           | -5,1360<br>(-)                         | -6,4910<br>(-23,8)   | -6,3880<br>(-25,0)  | -7,1510<br>(-15,7)  |                                       | -7,561<br>(-19,1)                     |
| Tasokorjauskerroin           |  | 1,1970 <sup>TK</sup><br>(13,5)   | 1,2110 <sup>TK</sup><br>(13,5)  |   |                                       |                                       |
| Dummy ei-ansiotyössä (1+)    | 0,7978<br>(-)                          | (0,9550)<br>(-)  | (0,9661)<br>(-)   | 1,2880<br>(9,5)   |                                       | 1,084<br>(12,2)                       |
| Dummy alle 17-vuotias (1+)   | -0,9461<br>(-)                         | (-1,1325)<br>(-)   | (-1,1457)<br>(-)  | -0,2128<br>(-0,8)   |                                       |                                       |
| Dummy yli 64-vuotias (1+)    | -0,2020<br>(-)                         | (-0,2418)<br>(-)   | (-0,2446)<br>(-)  | 0,2102<br>(1,8)   |                                       | 0,2408<br>(2,0)                       |
| Dummy lähtöalue taajama (1+) | -0,2291<br>(-)                         | (-0,2742)<br>(-)   | (-0,2774)<br>(-)  | 0,7502<br>(6,4)   |                                       | 0,5733<br>(4,9)                       |
| Aikuisia kotitaloudessa (1+) | -0,0844<br>(-)                         | (-0,1010)<br>(-)   | (-0,1022)<br>(-)  | -0,1339<br>(-2,6)   |                                       | -0,1004<br>(-1,9)                     |
| Dummy nainen (1+)            | 0,3836<br>(-)                          | (0,4592)<br>(-)  | (0,4645)<br>(-)   | 0,1802<br>(2,1)   |                                       | 0,2660<br>(3,4)                       |
| Logsum                       | 0,4537<br>(-)                          | 0,2982<br>(15,1)   | 0,7085<br>(12,1)  | 0,9715<br>(13,3)  |                                       | 0,8048<br>(12,9)                      |
| Log-likelihood               | -6154                                  | -5143  | -5225   | -4993   |                                       | -4872                                 |
| p <sup>2</sup>               | 0,8879                                 | 0,9063   | 0,9048  | 0,9090  |                                       | 0 9112                                |

(1.1)

(1.1111)

TK)

Suluissa oleva luku muuttujien kertoimen alla on t-arvo.

Muuttuja-arvo suluissa on tasokorjauskertoimella korjattu parametri-arvo.

Tasokorjauskerroin



Taulukossa 23 on esitetty mallin 3 tasokorjauskertoimet. Määräpaikan valintamalleja ei tasokorjattu, koska alkuperäisessä mallissa alueen vetovoimaa kuvaava maankäytön kokotekijä oli kiinnitetty ykköseksi.

*Taulukko 23: Helsingborgista Osloon siirrettyjen ostosmatkamallien tasokorjauskertoimien poikkeavuus nolasta ja ykkösestä [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|           | liikenteelliset<br>muuttujat | muut<br>kulkutavan<br>val.muutt. | Matkatuotos<br>muuttujat |
|-----------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Tasokorj. | 1,0380                       | 1,3110                           | 1,2110                   |
| t(0)      | 19,2                         | 6,9                              | 13,5                     |
| t(1)      | 0,7                          | 1,6                              | 2,4                      |

Tasokorjattujen ja uudelleen estimoitujen mallien kulkutapaosuudet vastasivat paljolti postikyselyn tuloksia. Toisin kuin työmatkoilla tulkinta parhaasta mallista ei ollut yksiselitteinen. Tasokorjatut ja uudelleenestimoidut mallit ennustivat pyöräily- ja kävelymatkoja liian vähän ja suoraan siirretty malli liian paljon (taulukko 24).

*Taulukko 24: Helsingborgista Osloon siirrettyjen ostosmatkamallien kulkutapaosuudet eri malleilla ennustettuna [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

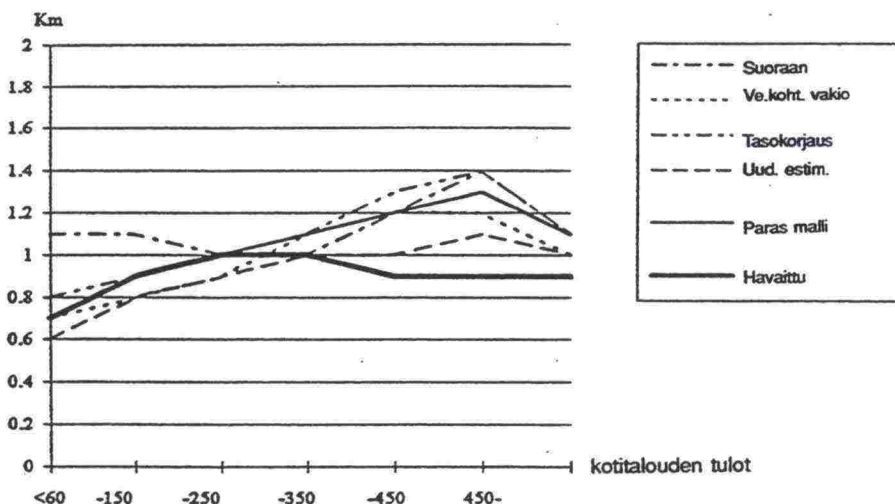
|                    | Malli 1<br>siirto<br>sellaise-<br>naan |    | Malli 3<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +<br>vaihtoehtok.<br>vak. |    | Malli 6<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +<br>vaihtoehtok.<br>vakio |    | Malli 7<br>uudelleen<br>estimoitu<br>malli<br>(kään<br>mallirak.) |    | Malli 9<br>"paras<br>mahd.<br>malli" |    | Posti-<br>kysely |    | Puhelin-<br>kysely |    |
|--------------------|--|----|--|----|---|----|---|----|--------------------------------------|----|------------------|----|--------------------|----|
|                    | N                                      | %  | N  | %  | N   | %  | N   | %  | N                                    | %  | N                | %  | N                  | %  |
| Automatkat         | 384                                    | 26 | 587  | 64 | 626   | 69 | 619   | 68 | 620                                  | 68 | 618              | 67 | 116                | 47 |
| Joukkoliikenne     | 261                                    | 18 | 108  | 12 | 108   | 12 | 101   | 11 | 96                                   | 11 | 101              | 11 | 28                 | 11 |
| Kävely ja pyöräily | 845                                    | 57 | 219  | 24 | 180   | 20 | 193   | 21 | 190                                  | 21 | 194              | 21 | 101                | 41 |

Matkatuotoksia tarkasteltaessa todettiin, että tasokorjattujen ja uudelleen estimoitujen mallien tulokset vastasivat hyvin postikyselyjä (kuten pitääkin, kun vaihtoehtokohtainen vakio on estimoitu uudelleen). Suoraan siirretty malli ennusti matkoja postikyselyssä havaittua enemmän. Toisaalta matkatuotokset vastasivat hyvin puhelinhaastattelun tuloksia (taulukko 25).

**Taulukko 25:** *Helsingborgista Osloon siirrettyjen ostosmatkamallien matkatuotokset eri malleilla ennustettuna [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|            | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaise-<br>naan |    | Malli 3<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +<br>vaihtoehtok.<br>vak. |    | Malli 6<br>tasokorjaus-<br>kertoimet +<br>vaihtoehtok.<br>vakio |    | Malli 7<br>uudelleen<br>estimoitu<br>malli<br>(käännetty<br>mallirak.) |    | Malli 9<br>"paras<br>mahd.<br>malli" |    | Posti-<br>kysely |    | Puhelin-<br>kysely |    |
|------------|---|----|--|----|---|----|--|----|--------------------------------------|----|------------------|----|--------------------|----|
|            | N   | %  | N  | %  | N   | %  | N  | %  | N                                    | %  | N                | %  | N                  | %  |
| 1+ matkaa  | 1490  | 12 | 913  | 7  | 913   | 7  | 913  | 7  | 905                                  | 7  | 913              | 7  | 245                | 15 |
| Ei matkoja | 11400                                       | 88 | 11972  | 93 | 11972   | 93 | 11972  | 93 | 11972                                | 93 | 11971            | 93 | 1410               | 85 |

Kuvassa 18 on esitetty matkojen keskipituudet kotitalouden tuloluokan mukaan jaoteltuna. Ostosmatkojen keskimääräiset matkapituudet olivat selvästi työmatkoja lyhyemmät. Malli 7 ennusti matkojen keskipituuksia parhaiten ja malli 1 huonoiten. Mallien väliset erot olivat kuitenkin melko pieniä.

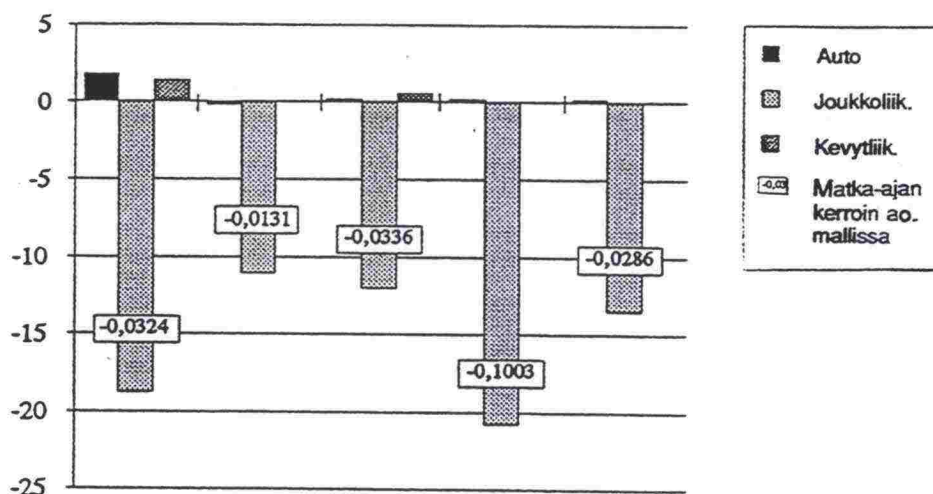


**Kuva 18:** *Osloon ostosmatkojen keskipituudet tuloluokittain eri malleilla ennustettuna [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

Joukkoliikenteen 30 %:n matka-ajan kasvu vähensi joukkoliikennematkoja mallista riippuen 10 - 20 % (kuva 19). Vähennys oli suurin malleilla 1 ja 7. Mallit, joissa vaihtoehtokohtaiset vakiot oli estimoitu uudelleen, ennustivat noin 10 - 12 % muutosta. Mallin 7 suuret poikkeamat johtuivat suuresta matka-aikaparametrasta, jota käsiteltiin jo aiemmin tässä kappaleessa.

Joukkoliikenteen matka-ajan kasvu vähensi eniten keskustaan ja kantakau-  
punktiin suuntautuvia matkoja (kuva 20). Koska joukkoliikenteen matka-ajan  
kasvu lisäsi kävely- ja pyöräilymatkoja, on luonnollista, että se lisäsi myös  
lyhyitä osa-alueiden sisäisiä matkoja. Suoraan siirretty malli ennusti näitä  
matkoja parhaiten.

Prosentuaalinen muutos matkamäärissä



|             |             |              |            |        |
|-------------|-------------|--------------|------------|--------|
| siirtäminen | vaihtoehto- | tasokorjaus- | uudelleen- | *paras |
| sellaise-   | kohtaiset   | kertoimet +  | estimoi-   | mahd.* |
| naan        | vakiot      | ve.koht.     | malli      | malli  |
|             | uudelleen   | vakiot       |            |        |

Kuva 19: Joukkoliikenteen matka-ajan 30 %:n kasvun vaikutus kulkuta-  
van valintaan Oslissa eri malleilla ennustettuna [Algers,  
Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Ajoneuvokustannusten 10 %:n kasvu vähensi henkilöautomatkoja tasokorja-  
tuilla ja uudelleenestimoiduilla malleilla enintään 4 %. Suoraan siirretty malli  
ennusti noin 8 %:n muutosta.



#### 4.6 Tukholman työmatkamallien siirto Trondeimiin [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994]

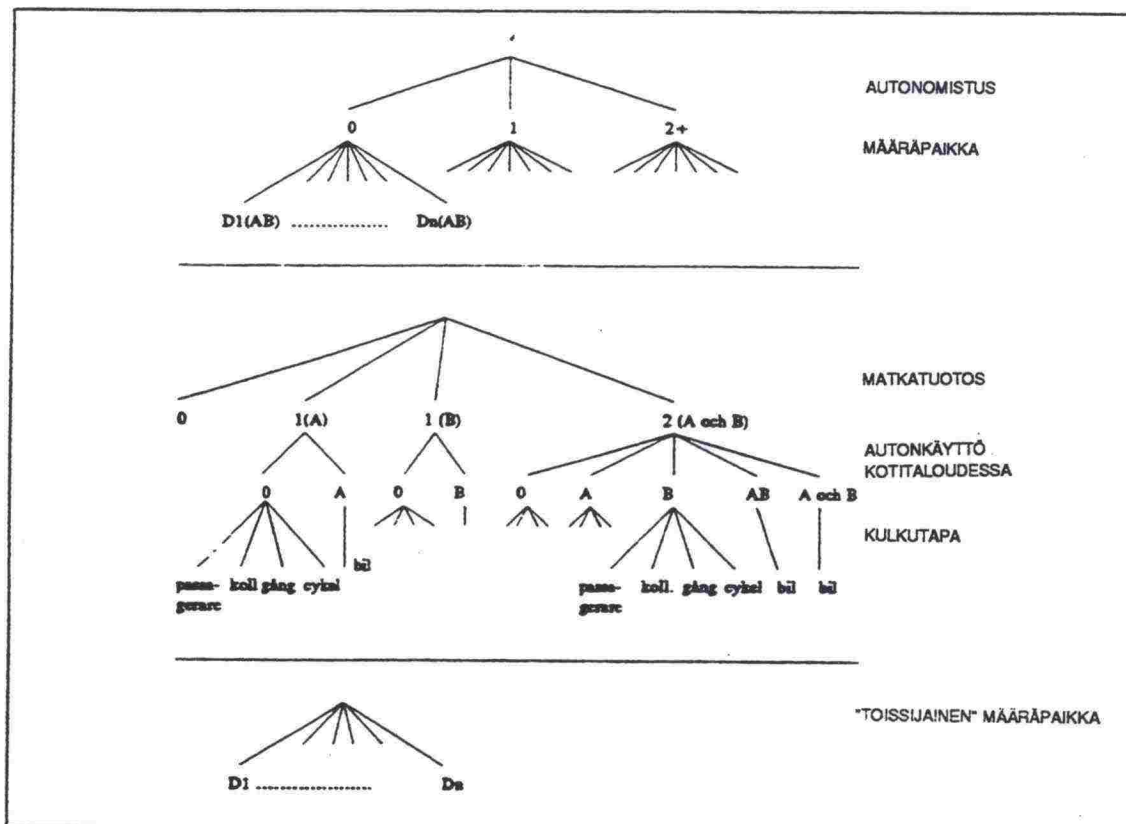
Norjassa kokeiltiin vuonna 1990 työmatkamallien siirtämistä Tukholmasta Trondeimiin. Tutkimus perustui Trondheimissa vuonna 1990 tehtyyn matkatottumustutkimukseen, jossa oli haastateltu noin 3000 kotitaloutta [Tretvik1990 sekä Tretvik ja Meland 1990].

Siirretty mallijärjestelmä koostui matkatuotos-, autonkäyttö-, ja kulkutapamalleista. Valintatilannetta kuka perheessä käyttää autoa, jos mahdollisia autonkäyttäjiä on enemmän kuin autoja, tarkasteltiin logittimallilla. Autonkäyttöä kuvaavassa mallissa oli vaihtoehdot

- \* mies ajaa autoa (A)
- \* nainen ajaa autoa (B)
- \* kumpikaan ei aja autoa (0)
- \* molemmat matkustavat yhdessä (A+B)
- \* molemmat ajavat omalla autolla (AB).

Kotitalouksissa, joissa työssäkävijöitä oli useampi kuin kaksi, nuorimmat työssäkävijät eroteltiin omaksi kotitaloudeksi.

Kuvassa 20 on esitetty Tukholman työmatkamallien mallirakenne.



Kuva 20: Tukholman työmatkamallien mallirakenne [Väliharju 1994].

Toissijaisilla määräpaikoilla tarkoitetaan matkaketjussa määräpaikkoja, joissa käydään pääasiallisen määräpään lisäksi. Toissijaisten määräpaikkojen mallia ei siirretty, koska mallimäärittelyt Trondheimissa ja Tukholmassa poikkesivat toisistaan liikaa. Myöskään määräpaikanvalintaa ja ruokakunnan käytössä olevien autojen määrää kuvaavia malleja ei siirretty. Autonkäyttömahdollisuutta on kuvattu malleissa merkinnoilla A (mies ajaa autoa), B (nainen ajaa autoa), AB (molemmilla on oma auto käytössään), A+B (mies ja nainen matkustavat yhdessä) ja 0 (kummallakaan ei ole autoa käytössään).

Matkustuskäyttäytyminen poikkesi Trondheimissa ja Tukholmassa melko selvästi toisistaan. Joukkoliikenteen käyttäjien osuus oli Tukholmassa lähes kolminkertainen verrattuna Trondheimiin (taulukko 26). Trondheimissa autolla työmatkansa tekevien miesten osuus oli 1,6-kertainen ja Tukholmassa 2,6 kertainen verrattuna naisiin (taulukko 27). Kotitalouksissa, joissa molemmat olivat tehneet matkan, oli Trondheimissa kolme kertaa tavallisempaa ja Tukholmassa neljä kertaa tavallisempaa, että miehellä oli auto käytössään.

Tukholmassa estimoitujen mallien kertoimet ja niiden merkitsevyys on esitetty taulukossa 29. Tukholman mallit antoivat ajan arvoksi noin 20 kruunua tunnissa. Ruokakunnan työssäkäymättömien mahdollisuutta saada auto käyttöönsä on kuvattu dummy-muuttujalla, joka sai arvon 1, jos kotitaloudessa oli ajokortillisia henkilöitä enemmän kuin autoja, eikä kukaan ajokortillisista henkilöistä ollut töissä. "Kilpailu" työssäkäyvien kesken mallinnettiin aiemmin kuvatulla tavalla logittimallilla.

Tukholman mallien siirtämistä tutkittiin

- \* suoraan siirtämällä, jolloin alkuperäinen malli siirrettiin sellaisenaan ilman kalibrointia (malli 1)
- \* kokonaisuutena siirtämällä, jolloin vaihtoehtokohtaiset vakiot määriteltiin uudelleen (malli 2)
- \* estimoimalla alkuperäiset mallit kokonaan uudelleen (malli 4)
- \* estimoimalla kokonaan uudet mallit (mm. uusia sukupuolta, ikää ja koulutusta kuvaavia muuttujia - (malli 5).

Koska Trondheimissa ei tehty toissijaisen määräpaikan valintamallia, mallin logsum-muuttujan kerroin kiinnitettiin nollassa. Henkilöauton käyttömallissa logsum-muuttujan kerroin sai vapaasti estimoitaessa arvon 1,2, minkä vuoksi myös se kiinnitettiin ykköseksi.

Mallien siirrettävyydestä saadut tulokset on esitetty taulukossa 30.

Ajan arvo malleissa 1 ja 2 oli 20 kruunua tunnissa ja malleissa 4 ja 5 vastaavasti 30 kruunua tunnissa. Liityntäkävelyajan kerroin oli Trondheimissa pienempi (-0,0333) kuin Tukholmassa (-0,0510). Myös odotusajan kerroin oli odotettua pienempi. Matka-aika kävellen tai pyörällä arvioitiin molemmissa tutkimuksissa suunnilleen samaksi.

$p^2$ -arvojen perusteella suoraan siirretty malli selitti aineistoa hyvin. T-testien mukaan (taulukko 31) useimpien vaihtoehtokohtaisten vakioiden uudelleenestimointi ei ollut välttämätöntä.



*Taulukko 26: Kulkutapajakaumat Trondheimissa ja Tukholmassa [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|                         | Trondheim   |                  | Tukholma    |                 |
|-------------------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|
| Autonajaja              | 932         | (56,2 %)         | 599         | (40,8 %)        |
| Automatkustaja          | 107         | (6,5 %)          | 37          | (2,5 %)         |
| Mol. matk. yhd. autolla | 74          | (4,5 %)          | 56          | (3,8 %)         |
| Joukkoliikenne          | 220         | (13,3 %)         | 588         | (40,1 %)        |
| Pyöräily                | 172         | (10,4 %)         | 66          | (4,5 %)         |
| Jalankulku              | 153         | (9,2 %)          | 121         | (8,2 %)         |
| <b>Yhteensä</b>         | <b>1658</b> | <b>(100,1 %)</b> | <b>1467</b> | <b>(99,9 %)</b> |

*Taulukko 27: Autonkäyttö Trondheimissa ja Tukholmassa [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|                              | Trondheim   |                | Tukholma    |                |
|------------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| <b>Matkantekijä mies</b>     |             |                |             |                |
| Autonajaja                   | 374         | (29 %)         | 238         | (21 %)         |
| Muu kulkutapa                | 161         | (12 %)         | 164         | (15 %)         |
| <b>Matkantekijä nainen</b>   |             |                |             |                |
| Autonajaja                   | 175         | (13 %)         | 82          | (7 %)          |
| Muu kulkutapa                | 234         | (18 %)         | 279         | (25 %)         |
| <b>Matkantekijöitä kaksi</b> |             |                |             |                |
| Kumpikaan ei aja             | 53          | (4 %)          | 108         | (10 %)         |
| Mies ajaa                    | 114         | (9 %)          | 121         | (11 %)         |
| Nainen ajaa                  | 37          | (3 %)          | 32          | (3 %)          |
| Ajavat samalla autolla       | 74          | (6 %)          | 56          | (5 %)          |
| Molemmat autonajajia         | 79          | (6 %)          | 35          | (3 %)          |
| <b>Kotitaloudet yhteensä</b> | <b>1301</b> | <b>(100 %)</b> | <b>1115</b> | <b>(100 %)</b> |

*Taulukko 28: Matkamäärät Trondheimissa ja Tukholmassa [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|                              | Trondheim   |                | Tukholma    |                |
|------------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| Ei matkoja                   | 604         | (32 %)         | 834         | (43 %)         |
| Matkantekijä mies            | 535         | (28 %)         | 402         | (21 %)         |
| Matkantekijä nainen          | 409         | (21 %)         | 361         | (18 %)         |
| Molemmat matkustaneet        | 357         | (19 %)         | 352         | (18 %)         |
| <b>Kotitaloudet yhteensä</b> | <b>1905</b> | <b>(100 %)</b> | <b>1949</b> | <b>(100 %)</b> |



Taulukko 29: Tukholman liikenne-ennustemallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

| Muuttuja  | kerroin   | t(0)   |
|---|-----------|--------|
| <b>Kulikutapamalli</b>                                    |           |        |
| Vakio, (automatkustaja)                                   | - 4,2420  | - 4,7  |
| Vakio (jl)  | - 1,0170  | - 2,1  |
| Vakio (pp)  | 1,4340    | 2,0    |
| Vakio (jk)  | 3,3300    | 4,4    |
| Vakio (matka yhdessä)                                     | 0,1493    | 0,2    |
| Matka-aika (ha, jl)                                       | - 0,0178  | - 3,3  |
| Matkakustannus (ha, jl)                                   | - 0,0524  | - 5,2  |
| Kävelyaika (jl)   | - 0,0510  | - 3,3  |
| Odotusaika (jl)   | - 0,0202  | - 2,7  |
| Matka-aika (pp, kv)                                       | - 0,0616  | - 10,4 |
| Dummy kotitaloudessa enemmän ajokortteja kuin autoja      | - 0,9952  | - 2,7  |
| Dummy keskustan matka (ajaja)                             | - 1,3460  | - 3,7  |
| Dummy autolla töissä (ajaja)                              | 3,2170    | 5,5    |
| Dummy jos "keinotekoinen" kotit. (ajaja)                  | - 1,6070  | - 2,4  |
| Dummy varattu pys.paikka (ajaja)                          | 1,2550    | 2,5    |
| Dummy, kotitaloudessa on auto (automatkustaja)            | 1,5900    | 3,1    |
| Dummy, nainen (jl)  | 0,4922    | 2,1    |
| Dummy, määräpaikka keskusta, (pp)                         | - 1,2070  | - 2,4  |
| Logsum toissijaisen määräpaikan valintatasolta            | 0,2841    | 4,0    |
| <b>Autonkäytön valinta</b>                                |           |        |
| Dummy, matkantekijä nainen (ei ajaja)                     | 0,9706    | 3,5    |
| Dummy, mol. matkustavat (ei ajajana)                      | 0,7410    | 3,0    |
| Dummy, mol. matkustavat (nainen ajaa)                     | - 0,5535  | - 1,9  |
| Dummy, mol. ajavat  | - 0,2003  | - 0,6  |
| Dummy, mies akat.koulutettu, (mies ajaa)                  | - 0,7001  | - 2,8  |
| Logsum matkatuotostasolta                                 | 0,6503    | 6,7    |
| <b>Matkatuotosmalli</b>                                   |           |        |
| Vakio miehen matkalle                                     | - 0,6958  | - 7,6  |
| Vakio naisen matkalle                                     | - 0,7162  | - 7,3  |
| Vakio, ei matkoja   | -1,3100   | -10,8  |
| Dummy, lauantai, ei matkoja                               | 3,0930    | 17,5   |
| Dummy, sunnuntai, ei matkoja                              | 3,8360    | 16,6   |
| Dummy, mies osa-aikatyössä, ei matkoja                    | 0,9434    | 3,2    |
| Dummy, nainen osa-aikatyössä, ei matkoja                  | 0,2287    | 1,7    |
| Dummy, molemmat työssä ja pieniä lapsia, nainen matkustaa | - 0,4713  | - 2,8  |
| Logsum autonkäyttötasolta                                 | 0,0323    | 0,9    |
| Log-likelihood  | - 2445,90 |        |
| $\rho^2(o)$   | 0,5103    |        |

**Taulukko 30: Tukholmasta Trondheimiin siirrettyjen työmatkamallien kertoimet ja kertoimien t-arvot [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].**

| Työmatkamallit   | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaisenaan | Malli 2<br>vaihtoehto-<br>kohtaiset vakiot<br>uudelleen | Malli 4<br>uudelleen-<br>estimoitu<br>malli (vanha<br>rakenne) | Malli 5<br>"paras<br>mahd.<br>malli " |
|--|--|---|--|---------------------------------------|
| <b>Kuluttavan valinta</b>  |  |   |  |                                       |
| Vakio (automatkustaja)   | -4,2420<br>(-)                         | -3,4160<br>(-23,9)                                      | -4,1640<br>(-9,6)  | -4,2650<br>(-9,4)                     |
| Vakio (jl)   | -1,0170<br>(-)                         | 1,3610<br>(10,5)  | -1,2790<br>(4,2)   | -1,0520<br>(3,5)                      |
| Vakio (pp)   | 1,4340<br>(-)                          | 1,2150<br>(9,2)   | -0,9238<br>(-4,1)  | -1,0570<br>(4,7)                      |
| Vakio (jk)   | 3,3300<br>(-)                          | 1,7210<br>(12,0)  | -0,3421<br>(-1,4)  | -0,2615<br>(-1,1)                     |
| Vakio (matkustavat yhdessä)  | 0,1493<br>(-)                          | 0,8521<br>(3,3)   | -1,1020<br>(4,1)   | -0,5054<br>(-2,2)                     |
| Matka-aika (ha, jl)  | -0,0178<br>(-)                         | -0,0178<br>(-)  | -0,0201<br>(-5,1)  | -0,0199<br>(-5,1)                     |
| Matkakustannus (ha, jl)  | -0,0524<br>(-)                         | -0,0524<br>(-)  | -0,0404<br>(-6,7)  | -0,0403<br>(-6,7)                     |
| Liityntäkävelyn aika (jl)  | -0,0510<br>(-)                         | -0,0510<br>(-)  | -0,0324<br>(-3,7)  | -0,0333<br>(-3,8)                     |
| Odotusaika (jl)  | -0,0202<br>(-)                         | -0,0202<br>(-)  | -0,0096<br>(-1,7)  | -0,0097<br>(-1,7)                     |
| Matka-aika (jk, pp)  | -0,0616<br>(-)                         | -0,0616<br>(-)  | -0,0589<br>(-16,0)   | -0,0589<br>(-15,9)                    |
| Dummy, jos kotitaloudessa on useampi ajokortti kuin autoja (ajaja) | -0,9952<br>(-)                         | -0,9952<br>(-)  | -0,6097<br>(-3,7)  | -0,6657<br>(-4,0)                     |
| Dummy, matka keskustaan, ajaja                                     | -1,3460<br>(-)                         | -1,3460<br>(-)  | -0,4800<br>(-2,3)  | -0,4856<br>(-2,3)                     |
| Dummy, autolla työssä (ajaja)                                      | 3,2170<br>(-)                          | 3,2170<br>(-)   | 1,5150<br>(6,9)  | 1,4800<br>(6,8)                       |
| Dummy, "keinotekoinen kotitalous" (ajaja)                          | -1,6070<br>(-)                         | -1,6070<br>(-)  | -1,1390<br>(-2,4)  | -1,1260<br>(-2,3)                     |
| Dummy, varattu pysäköinti (ajaja)                                  | 1,2550<br>(-)                          | 1,2550<br>(-)   | 0,8177<br>(3,9)  | 0,8444<br>(4,0)                       |
| Dummy, auto kotitaloudessa (automatkustaja)                        | 1,5900<br>(-)                          | 1,5900<br>(-)   | 0,5667<br>(1,4)  | 0,6196<br>(1,5)                       |
| Dummy, nainen (automatkustaja)                                     |  |   |  | 0,8036<br>(-)                         |
| Dummy, nainen (jl)   | 0,4922<br>(-)                          | 0,4922<br>(-)   | 0,6181<br>(3,2)  | 0,9977<br>(5,1)                       |
| Dummy, matka keskustaan (pp)                                       | -1,2070<br>(-)                         | -1,2070<br>(-)  | -0,4952<br>(-2,2)  | -0,5165<br>(-2,2)                     |
| Dummy, alle 35-vuotias (pp)  |  |   |  | 0,4965<br>(2,7)                       |
| Dummy, akat. koulutus, (pp)  |  |   |  | 0,7383<br>(3,8)                       |
| Dummy, nainen (jk)   |  |   |  | 0,5689<br>(2,6)                       |

## Taulukko 30 jatkuu...

| Työmatkamallit  | Malli 1<br>siirtäminen<br>sellaisenaan | Malli 2<br>vaihtoehto-<br>kohtaiset vakiot<br>uudelleen | Malli 4<br>uudelleen-<br>estimoitu<br>malli (vanha<br>rakenne) | Malli 5<br>"paras<br>mahd.<br>malli" |
|---|--|---|--|--------------------------------------|
| Logsum toissijaisen<br>määräpaikan valintatasolta           | 0,2841<br>(-)                          | 0,2841<br>(-)   | 0,0<br>(-)   | 0,0<br>(-)                           |
| <b>Autonkäyttömalli</b>                                     |  |   |  |                                      |
| Dummy, nainen matkustaa,<br>ei ajaja                        | 0,9706<br>(-)                          | 0,9706<br>(-)   | 0,5570<br>(2,6)  |                                      |
| Dummy, molemmat matkus-<br>vat, ei ajajina                  | 0,7410<br>(-)                          | 0,7410<br>(-)   | 0,3281<br>(1,4)  | 0,2506<br>(1,2)                      |
| Dummy, molemmat matkus-<br>tavat nainen ajaja               | -0,5535<br>(-)                         | -0,5535<br>(-)  | -0,5231<br>(-2,2)  |                                      |
| Dummy, molemmat matkus-<br>tavat, molemmat ajajia           | -0,2003<br>(-)                         | -0,2003<br>(-)  | 0,2645<br>(1,0)  | 0,8574<br>(3,7)                      |
| Dummy, mies akat.koul.<br>mies ajaja                        | -0,7001<br>(-)                         | -0,7001<br>(-)  | -0,5187<br>(-2,7)  | -0,2955<br>(-1,6)                    |
| Dummy mies, työaika liukuva<br>(ajaja)                      |  |   |  | 0,5607<br>(2,0)                      |
| Dummy, nainen, työaika liukuva<br>(ajaja)                   |  |   |  | 0,2272<br>(0,8)                      |
| Logsum kulkutavan<br>valintatasolta                         | 0,6503<br>(-)                          | 0,6503<br>(-)   | 1,0<br>(-)   | 1,0<br>(-)                           |
| <b>Matkatuotosmalli</b>                                     |  |   |  |                                      |
| Dummy, mies matkustaa                                       | -0,6958<br>(-)                         | -0,6421<br>(-)  | -0,7807<br>(-)   | -0,8626<br>(-)                       |
| Dummy, molem. akat. koul.<br>mies matkustaa                 |  |   |  | 0,3984<br>(2,7)                      |
| Dummy nainen matkustaa                                      | -0,7162<br>(-)                         | -0,8247<br>(-9,1)                                       | -0,9753<br>(-8,9)  | -0,9612<br>(-10,3)                   |
| Dummy, kukaan ei matkusta                                   | -1,3100<br>(-)                         | -1,9900<br>(-22,7)                                      | -2,3030<br>(-16,0)   | -2,2550<br>(-17,9)                   |
| Dummy, lauantai<br>(kukaan ei matkusta)                     | 3,0930<br>(-)                          | 3,0930<br>(-)   | 3,2820<br>(17,5)   | 3,3100<br>(17,7)                     |
| Dummy, sunnuntai<br>(kukaan ei matkusta)                    | 3,8360<br>(-)                          | 3,8360<br>(-)   | 3,6170<br>(19,6)   | 3,6310<br>(19,7)                     |
| Dummy, mies osa-aikatyössä<br>(kukaan ei matkusta)          | 0,9434<br>(-)                          | 0,9434<br>(-)   | 0,9602<br>(2,0)  | 0,9501<br>(1,9)                      |
| Dummy, nainen osa-aikatyössä<br>(kukaan ei matkusta)        | 0,2287<br>(-)                          | 0,2287<br>(-)   | 0,5308<br>(3,4)  | 0,5094<br>(3,3)                      |
| Dummy, 2 työssäkäyvää ja pieniä<br>lapsia, nainen matkustaa | -0,4713<br>(-)                         | -0,4713<br>(-)  | -0,2072<br>(-1,0)  |                                      |
| Logsum autonkäyttötasolta                                   | 0,0323<br>(-)                          | 0,0323<br>(-)   | 0,0733<br>(1,7)  | 0,0762<br>(1,8)                      |
| Log-likelihood<br>$p^2(0)$                                  | -3315,85<br>0,3017                     | -2845,78<br>0,4007                                      | -2814,76<br>0,4072   | -2791,56<br>0,4121                   |

(1.1)

Suluissa oleva luku muuttujien kertoimen alla on t-arvo



**Taulukko 31:** Tukholman ja Trondheimin työmatkamallien vaihtoehtokoh-  
taisten vakioiden poikkeavuus toisistaan t-testillä mitattuna.  
Ero on merkitsevä 95 %:n merkitsevyystasolla, jos t-arvo on  
yli 1,96 [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

|         | auton<br>matkust.<br>vakio | jl-vakio | pp-vakio | jk-vakio | yhdessä<br>ajo -vakio |
|---------|----------------------------|----------|----------|----------|-----------------------|
| malli 2 | 0,9                        | 4,7      | 0,3      | 2,1      | 0,8                   |
| malli 4 | 0,1                        | 0,5      | 3,1      | 4,6      | 1,4                   |
| malli 5 | 0,0                        | 0,1      | 3,3      | 4,5      | 0,7                   |

Taulukosta 32 havaitaan, että tasokorjatut ja uudelleen estimoidut mallit ennustivat kulkutapaosuudet oikein. Suoraan siirretty malli arvioi matkojen kokonaismäärän 13 % havaittua alhaisemmaksi siten, että joukkoliikenteen osuus jäi liian pieneksi ja kevytliikennematkoja tuli liikaa.

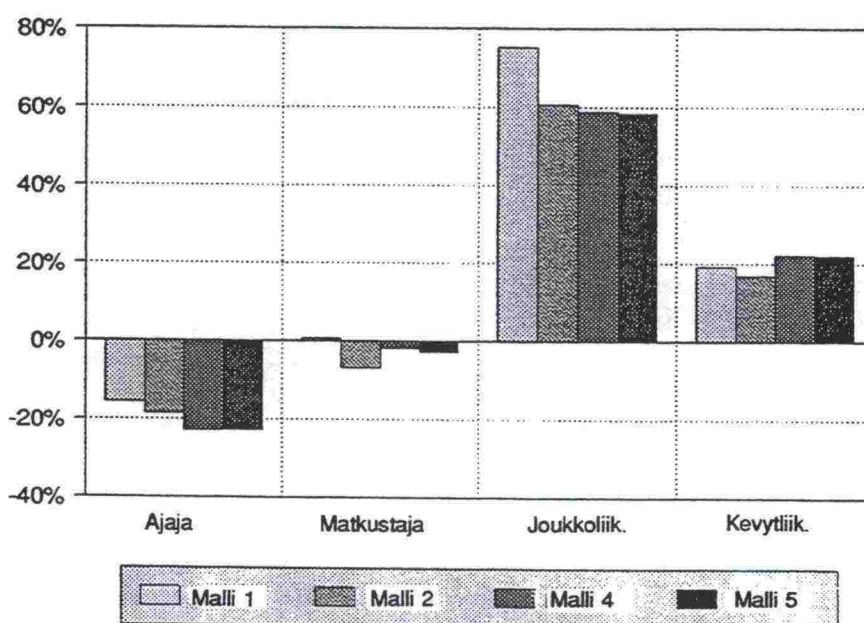
**Taulukko 32:** Tukholmasta Trondheimiin siirrettyjen työmatkamallien  
kulkutapaosuudet eri malleilla ennustettuna [Algers,  
Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

|                | malli 1           | malli 2           | malli 4           | malli 5           | tod.valinta     |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| ajaja          | 802,8<br>(56 %)   | 927,5<br>(56 %)   | 930,4<br>(56 %)   | 930,1<br>(56 %)   | 932<br>(56 %)   |
| automatkustaja | 134<br>(9 %)      | 190,4<br>(12 %)   | 183,3<br>(11 %)   | 180,8<br>(11 %)   | 181<br>(11 %)   |
| joukkoliikenne | 37,5<br>(3 %)     | 216,1<br>(13 %)   | 218,9<br>(13 %)   | 220,0<br>(13 %)   | 220<br>(13 %)   |
| kevytliikenne  | 469,2<br>(32 %)   | 318,2<br>(19 %)   | 325,2<br>(20 %)   | 327,3<br>(20 %)   | 325<br>(20 %)   |
| Yhteensä       | 1443,9<br>(100 %) | 1652,2<br>(100 %) | 1657,8<br>(100 %) | 1658,2<br>(100 %) | 1658<br>(100 %) |

Mallien kykyä ennustaa liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutuksia on tarkasteltu kuvassa 21. Järjestelmässä oletettiin tapahtuvan seuraavat muutokset

- \* ajoneuvokustannuksen nousu 10 kr
- \* joukkoliikenteen matka-ajan lasku 20 %
- \* joukkoliikenteen odotusajan lasku 50 %.

Muutos prosenteissa



Kuva 21: Liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutus Trondheimin kulkutapajakaumaan eri malleilla ennustettuna [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Kuvasta havaitaan, että huolimatta mallien 1 ja 2 hyvistä selityksistä, kokonaan uudelleen estimoidut mallit selittivät muutosten vaikutuksia hyvin eri tavoin ja oletettavastikin selvästi paremmin kuin mallit 1 ja 2.

Mallin 1 mukaan matkojen kokonaismäärä laski noin puoli prosenttia. Muutokset kulkutapajakaumassa olivat suurempia. Malli 2 ei ennustanut muutoksia matkojen kokonaismäärään ja muutokset kulkutapajakaumassakin olivat hyvin pieniä. Malleissa 4 ja 5 kaikilla kulkutavoilla tehtyjen matkojen määrä lisääntyi selvästi.

#### **4.7 Pitkämatkaisen liikenteen kulkutapamallien siirtäminen Norjasta Ruotsiin [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994]**

##### **4.7.1 Yleiset periaatteet**

Pitkämatkaisen kaupunkien välisen liikenteen kulkutapamallien siirtämistä kokeiltiin vuonna 1993 Norjasta Ruotsiin.

Tutkitut matkaryhmät olivat

- \* asiointimatkat (malli 4)
- \* työ- ja koulumatkat
- \* vierailumatkat (malli BB)
- \* virkistysmatkat (malli RE).

Työ- ja koulumatkojen havaintomäärät todettiin heti alkuun liian pieniksi mallien siirrettävyyden tutkimiseen, joten mallien siirtämistä tutkittiin vain asiointi- vierailu- ja virkistysmatkoilla.

Norjalaiset mallit perustuivat Oslossa vuosina 1984-85 tehtyyn matkatottumustutkimukseen. Malleissa mukana olleet kulkutavat olivat henkilöauto, bussi, juna, lautta ja lentokone. Koska lautta- ja lentoliikenteen mallintaminen oli Norjassa vaikeaa, tehtiin myös mallit, joissa näitä kulkutapoja ei ollut. Viimeksimainittujen mallien siirtämistä kokeiltiin vuonna 1993 Ruotsiin. Mallit kalibroitiin Ruotsissa vuosina 1984-85 tehdyn matkatottumustutkimuksen perusteella.

Ongelmana malleja siirrettäessä oli, että Ruotsin matkatottumustutkimuksessa oli kysytty kotitalouden tuloja, kun taas Norjassa oli kysytty matkanteikijän tuloja.

Kustannusmuuttujan (=kustannukset/tulot) vaikutuksen selvittämiseksi Ruotsin aineistoon sovitettiin kaikissa matkaryhmissä useampia erilaisia kustannusfunktioita.

Taulukossa 33 on esitetty Norjassa tehtyjen asiointi-, vierailu- ja virkistysmatkamallien muuttujien kertoimet ja niiden merkitsevyys riskitasolla 0,05, kun siirrettävyydestä tarkasteluun valitut mallit on estimoitu Ruotsin aineistolla.



Taulukko 33: Norjan pitkämatkaisen liikenteen mallien kertoimet ja kertoimien t-arvot estimoitaessa mallit Ruotsin aineistolla [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

| Muuttuja                          | Asiointimatkat<br>(Malli 4) | Vierailumatkat<br>(Malli BB) | Virkist.matkat<br>(Malli RE) |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <i>Vakiot</i>                     |                             |                              |                              |
| Lentokone                         | -1,1530<br>(-2,9)           | -3,5490<br>(-4,6)            | -3,6640<br>(-4,5)            |
| Juna                              | -1,5270<br>(-3,7)           | -1,9380<br>(-5,3)            | -2,6710<br>(-6,7)            |
| <i>Muuttujat</i>                  |                             |                              |                              |
| Autonkäyttömuuttuja               |                             | 0,4996<br>(1,9)              | 0,1745<br>(0,7)              |
| Ajoaika autolla (min)             | -0,0062<br>(-7,7)           | -0,0064<br>(-7,9)            | -0,0072<br>(-8,6)            |
| Ajoaika lentokoneella (min)       | -0,0105<br>(-3,3)           | -0,0057<br>(-1,8)            | -0,0154<br>(-3,8)            |
| Ajoaika junalla (min)             | -0,0032<br>(-3,8)           | -0,0026<br>(-3,1)            | -0,0041<br>(-4,3)            |
| Liittymisaika (min)               | -0,0058<br>(-1,7)           |                              |                              |
| Vaihtoaika (min)                  | -0,00190<br>(-0,8)          |                              |                              |
| Junavuorojen määrä                |                             | 0,0062<br>(0,8)              | 0,0074<br>(1,0)              |
| Vaihdot junassa                   |                             | -0,8665<br>(-4,7)            | -0,6559<br>(-3,3)            |
| Lentovuorojen lkm.                |                             | -0,0013<br>(-0,1)            | 0,0297<br>(-1,3)             |
| Vaihdot lentokoneella             |                             | -0,8344<br>(-1,8)            | -0,7765<br>(-1,7)            |
| Lähtöjen lkm                      | 0,092<br>(1,6)              |                              |                              |
| Kustannus/tulot                   | -0,0691<br>(-4,0)           |                              |                              |
| Kustannus/(tulot <sup>0.5</sup> ) |                             |                              | -3,0880<br>(-4,5)            |
| Kustannus/(tulot <sup>0.6</sup> ) |                             | -0,0325<br>(-3,8)            |                              |
| Dummy mies (juna)                 | -0,7844<br>(-2,7)           |                              |                              |
| Matkan kesto >5 vrk (lentok.)     | -1,1210<br>(-1,6)           |                              |                              |
| $\rho^2(0)$                       | 0,203                       | 0,507                        | 0,608                        |
| $\rho^2(C)$                       | 0,172                       | 0,315                        | 0,345                        |

(1,1) t-arvo

#### 4.7.2 Asiointimatkamallit

Asiointimatkamallien siirtämistä kokeiltiin

- \* estimoimalla kaikille muuttujille yhteinen tasokorjauskerroin SKALTOT (malli T1)
- \* estimoimalla kustannuksille ja muille muuttujille erikseen omat tasokorjauskertoimet SKALC ja SKALOVR1 (malli T2)
- \* estimoimalla kustannuksille ja ajoajoille yhteinen (SKALLOS) ja muille kulkutapamuuttujille kullekin oma tasokorjauskerroin (malli T3)
- \* Kuten edellä (T3), mutta odotusajoille ja vuorovälille estimoitiin lisäksi oma tasokorjauskerroin SKALOLS (malli T4).

Mallien siirtämisestä saadut tulokset on esitetty taulukossa 34. Tuloksia arvioitaessa on huomattava, että asiointimatkamalleissa ei ole tarkasteltu bussivaihtoehtoa. Asiointimatkamalleihin valittu kustannusmuuttuja oli kustannukset/kotitalouden tulot.

*Taulukko 34: Norjasta Ruotsiin siirrettyjen asiointimatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|                   | malli T1           | malli T2          | malli T3          | malli T4          |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Vakio (lentokone) | -1,2410<br>(-6,7)  | -0,9705<br>(-4,2) | -0,8378<br>(-3,4) | -1,9690<br>(-5,9) |
| Vakio (juna)      | -2,1580<br>(-10,0) | -2,1540<br>(-9,7) | -1,7140<br>(-5,6) | -2,1760<br>(-6,7) |
| SKALTOT           | 0,3969<br>(9,2)    |                   |                   |                   |
| SKALC             |                    | 0,5951<br>(5,0)   | 0,6003<br>(5,0)   | 0,4480<br>(4,2)   |
| SKALOVR1          |                    | 0,3475<br>(6,8)   |                   |                   |
| SKALLOS           |                    |                   | 0,3318<br>(6,4)   |                   |
| SKALOVR2          |                    |                   | 0,8774<br>(3,3)   |                   |
| SKALIVT           |                    |                   |                   | 1,0280<br>(7,4)   |
| SKALOLS           |                    |                   |                   | 0,1184<br>(1,8)   |
| SKALOVR3          |                    |                   |                   | 0,9477<br>(3,6)   |
| $\rho^2$          | 0,137              | 0,141             | 0,145             | 0,185             |
| $\rho^2(C)$       | 0,104              | 0,108             | 0,112             | 0,153             |
| Hav. lkm.         | 489                | 489               | 489               | 489               |

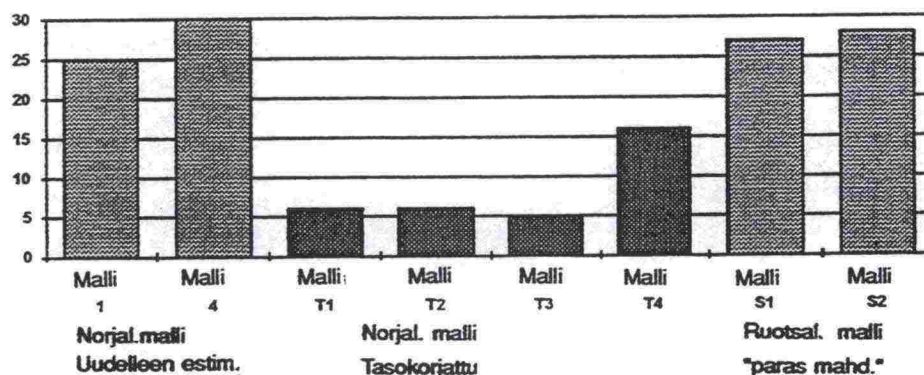
(1,1) t-arvo

$\rho^2$ -arvojen perusteella mallien siirrettävyys ei ollut kovin hyvä. Erityisesti odotusaika- ja vuorovälimuuttujien siirtäminen oli hankalaa. Yksi syy mallien huonoon siirrettävyyteen saattoi olla alkuperäisten mallien epätarkkuus. Alkuperäisissä malleissa ainoastaan yhden muuttujan kerroin oli tilastollisesti merkitsevä.

Mallien siirrettävyyttä tutkittiin vielä tarkastelemalla otosenumeraatiolla ajokustannusten tai ajoajan muutosten vaikutuksia eri kulkutavoilla.

Kuvassa 22 on tarkasteltu junan matka-ajan laskun vaikutusta eri malleilla ennustettuna.

Prosentuaalinen muutos matkamäärissä



Kuva 22: Junan matka-ajan 30 %:n laskun vaikutus kulkutapajakaumiin eri malleilla ennustettuna [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].

Kuvasta havaitaan, että Norjassa tehtyjen mallien soveltaminen sellaisenaan Ruotsin aineistoon ennusti 25 %:n kasvua matkamääriin. Malli, jossa logaritmoidun kustannusmuuttujan (=kustannukset/tulot) tilalla käytettiin lineaarista kustannusmuuttujaa, ennusti muutoksen suuruudeksi 30 %. Tasokorjatuilla malleilla muutoksen suuruus vaihteli välillä 5-16 %. Vertailun vuoksi muutosta tarkasteltiin myös Ruotsissa pitkämatkaiselle liikenteelle tehdyillä malleilla (S1 ja S2), joissa tosin oli mukana myös bussiliikenne. Myös näillä malleilla muutos oli 25-30 %. Tasokorjatut mallit ennustivat siis muutoksen huomattavasti todellista pienemmäksi.

Vastaava tarkastelu ajo- ja lentomatkojen kustannusten suhteen ei johtanut yhtä suuriin eroihin mallien välillä. Myöskään kustannusmuuttujan määrittelyllä ei tuntunut olevan suurta vaikutusta.



#### 4.7.3 Vierailumatkamallit

Vierailumatkamallien siirtämistä kokeiltiin

- \* estimoimalla kaikille muuttujille yhteinen tasokorjauskerroin SKALTOT (malli BB1)
- \* estimoimalla kustannuksille ja muille muuttujille erikseen omat tasokorjauskertoimet SKALC ja SKALOVR1 (malli BB2)
- \* estimoimalla kustannuksille, ajoajoille ja muille kulkutapamuuttujille kullekin oma tasokorjauskerroin SKALC, SKALIVT ja SKALOVR2 (malli BB3)
- \* estimoimalla kustannuksille, liikenteellisille muuttujille (ajoajat, vaihdot ja vuorovälit) sekä muille kulkutapamuuttujille (SKALOVR3) oma tasokorjauskerroin SKALC, SKALLOS ja SKALOVR3 (malli BB4).
- \* estimoimalla kustannus- ja ajoaikamuuttujille yhteinen tasokorjauskerroin (SKALCIVT) ja muille kulkutapamuuttujille oma tasokorjauskerroin SKALOVR4 (malli BB5).

Kustannusmuuttujaksi valittiin nk. parasta mallia estimoitaessa muuttuja kustannukset/(ruokakunnan tulot)<sup>0.6</sup>.

Mallien siirtämisestä saadut tulokset on esitetty taulukossa 35. Parhaiten siirrettävissä oli kokonaan uudelleen estimoitu malli BB (kts. taulukko 33), jossa mm. vaihtoja ja vuorovälejä oli tarkasteltu erikseen. Mallin  $\rho^2$ -arvo oli 0,507. Tasokorjatuista malleista parhaimmiksi osoittautuivat mallit, joissa ajoaikoja oli tarkasteltu kokonaan erikseen tai yhdessä kustannusten kanssa (mallit BB3 ja BB5).

*Taulukko 35: Norjasta Ruotsiin siirrettyjen vierailumatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|                 | BB1                | BB2                | BB3                | BB4                | BB5                |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Vakio (lentok.) | -4,8240<br>(-13,2) | -4,2970<br>(-10,5) | -4,9140<br>(-11,0) | -4,3320<br>(-9,4)  | -5,1050<br>(-13,0) |
| Vakio (juna)    | -2,3420<br>(-13,9) | -2,2480<br>(-13,1) | -2,6910<br>(-13,4) | -2,2710<br>(-10,1) | -2,7420<br>(-14,2) |
| SKALTOT         | 0,5011<br>(8,6)    |                    |                    |                    |                    |
| SKALC           |                    | 0,9849<br>(5,1)    | 0,9445<br>(4,6)    | 0,9817<br>(5,0)    |                    |
| SKALOVR1        |                    | 0,4499<br>(7,3)    |                    |                    |                    |
| SKALIVT         |                    |                    | 0,7532<br>(8,0)    |                    |                    |
| SKALOVR2        |                    |                    | 0,1969<br>(2,4)    |                    |                    |
| SKALLOS         |                    |                    |                    | 0,4523<br>(7,1)    |                    |
| SKALOVR3        |                    |                    |                    | 0,4179<br>(2,0)    |                    |
| SKALCIVT        |                    |                    |                    |                    | 0,7845<br>(9,0)    |
| SKALOVR4        |                    |                    |                    |                    | 0,1934<br>(2,4)    |
| $\rho^2$        | 0,445              | 0,452              | 0,474              | 0,452              | 0,473              |
| $\rho^2(C)$     | 0,229              | 0,239              | 0,269              | 0,239              | 0,268              |
| Hav. lkm.       | 536                | 536                | 536                | 536                | 536                |

(1,1) t-arvo

Tarkasteltaessa junan matka-aikojen 30 %:n laskun vaikutusta todettiin, että mallit BB3 ja BB5, joissa matka-ajoille oli estimoitu oma tasokorjauskerroin, ennustivat selvästi suurempaa muutosta kuin muut tasokorjatut mallit. Kokonaan uudelleen estimoidut mallit (molemmissa logaritmoimaton kustannusmuuttuja) ennustivat molemmat lähes yhtä suurta muutosta kuin mallit BB3 ja BB5, joilla muutoksen suuruus oli noin 20 %.

Ajoneuvokustannusten 20 %:n nousu vähensi matkoja eniten tasokorjatuilla malleilla. Muutoksen vaikutus oli suurin mallilla BB2 ja pienin mallilla BB1.

Mallit BB2, BB3 ja BB4 ennustivat lentomatkojen 20 %:n hinnan nousun vaikutukseksi noin 16 %. Kokonaan uudelleen estimoidut mallit ennustivat 11-13 %:n muutosta.

#### 4.7.4 Virkistysmatkamallit

Virkistysmatkamallien siirtämistä tutkittiin

- \* estimoimalla kaikille muuttujille yhteinen tasokorjauskerroin SKALTOT (malli RE1)
- \* estimoimalla kustannuksille ja muille muuttujille erikseen omat tasokorjauskertoimet SKALC ja SKALOVR1 (malli RE2)
- \* estimoimalla kustannuksille, ajoajoille (SKALLOS) ja muille kulkutapa-muuttujille kullekin oma tasokorjauskerroin SKALC, SKALLOS ja SKALOVR (malli RE3).

Virkistysmatkamallien siirtämisestä saadut tulokset on esitetty taulukossa 36. Kustannusmuuttujana on käytetty muuttujaa  $\log(\text{kustannukset})/\text{tulot}^{0.5}$ .

*Taulukko 36: Norjasta Ruotsiin siirrettyjen virkistysmatkamallien tasokorjauskertoimet ja tasokorjauskertoimien t-arvot [Algers, Lindqvist, Tretvik, Widlert 1994].*

|                   | RE1               | RE2               | RE3               |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Vakio (lentokone) | -2,5350<br>(15,8) | -2,2400<br>(11,3) | -3,0660<br>(9,1)  |
| Vakio (juna)      | -1,9470<br>(15,0) | -1,9170<br>(14,6) | -2,3980<br>(11,4) |
| SKALTOT           | 0,3688<br>(6,6)   |                   |                   |
| SKALC             |                   | 0,5589<br>(5,0)   | 0,5307<br>(4,8)   |
| SKALOVR1          |                   | 0,2526<br>(3,3)   |                   |
| SKALOVR2          |                   |                   | 0,0449<br>(0,4)   |
| SKALLOS           |                   |                   | 0,5515<br>(4,6)   |
| $\rho^2$          | 0,519             | 0,523             | 0,530             |
| $\rho^2(C)$       | 0,198             | 0,205             | 0,216             |

(1,1) t-arvo

Taulukosta havaitaan, että kustannusten ja liikenteellisten muuttujien tasokorjauskerroin on suunnilleen samansuuruinen ja poikkesi merkitsevästi nolasta. Muiden muuttujien tasokorjauskerroin ei poikennut merkitsevästi nolasta.

Tarkasteltaessa junan matka-aikojen 30 %:n laskun vaikutusta todettiin, että eniten aggregoidut mallit RE1 ja RE2 ennustivat junamatkojen määrän kasvun pienemmäksi kuin eniten pilkottu malli RE3, joka ennusti kasvun suuruudeksi noin 20 %. Kokonaan uudelleen estimoidut mallit ennustivat noin 17 %:n kasvua junamatkoihin.



Ajoneuvokustannusten 20 %:n nousu vähensi matkoja eniten tasokorjatuilla malleilla. Kokonaan uudelleen estimoitu malli RB, jota tässä ei ole esitetty ja jonka kustannusmuuttuja oli lineaarinen, ennusti hieman suurempaa muutosta kuin malli RE1.

Lentomatkojen hinnan nousun vaikutus oli suurin tasokorjatuilla malleilla RE2 ja RE3. Kokonaan uudelleen estimoidut mallit poikkesivat selvästi toisistaan. Ero johtui kustannusmuuttujan määrittelystä. Logaritmoitu kustannusmuuttuja mallissa RB reagoi heikommin kalleimman kulkutavan eli lentämisen hinnanmuutokseen kuin lineaarinen kustannusmuuttuja mallissa RE1.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pääosa raportissa käsitellyistä tutkimuksista koskee liikenne-ennustemallien alueellista siirtämistä kaupunkiliikenteessä. Ajallista siirrettävyyttä on tutkittu selvästi vähemmän. On kuitenkin todettava, että liikenne-ennustemallien ajallinen siirrettävyys on edellytys sille, että malleja voidaan käyttää myös ennustamiseen, ja että pääsääntöisesti aineistoon ja mallirakenteisiin liittyvät asiat koskevat myös ajallista siirrettävyyttä. Tutkimustulokset mallien ajallisesta siirrettävyydestä Bayesin menetelmällä ovat olleet hyviä, joten olisi suotavaa, että nyt pääkaupunkiseudulla ja Oulussa tehtävien mallien päivityksen yhteydessä tutkittaisiin myös tätä menetelmää muiden rinnalla. Myös SP-menetelmien käyttöä päivityksessä tulisi kokeilla.

Liikenne-ennustemallien siirtämisestä saadut tulokset vaihtelevat. Useimmissa tutkimuksissa todetaan, että liikenne-ennustemallien siirtäminen onnistuu, jos alkuperäiset mallit ovat hyviä. Tällä tarkoitetaan, että malliparametrit ovat vakaita sekä ajan että paikan suhteen ja että mallirakenteet eri matkaryhmissä ovat yhdenmukaisia.

Alueellisesti mallit ovat siirrettävissä sitä paremmin, mitä enemmän lähtö- ja kohdealueen liikenneolot vastaavat toisiaan eli mallien siirron onnistuminen edellyttää samankaltaista liikennekulttuuria lähtö- ja kohdealueella. Yleisesti siirto onnistunee suurkaupunkien kesken ja vastaavasti ehkä myös keskikokoisten kaupunkien kesken jne. Johtopäätös Suomea ajatellen on, että meillä tulisi olla kaksi tai kolme perusmallia eri kokoisille kaupungeille siten, että esimerkiksi pääkaupunkiseudulla, Turussa ja Tampereella, joissa on melko kattavat joukkoliikenneyhteydet käytettäisiin samoja malleja, ja keski-suurissa (esimerkiksi Oulussa, Lahdessa, Jyväskylässä, Kuopiossa jne.) ja pienissä kaupungeissa omia mallejaan. Oikean jaon löytäminen edellyttää yksityiskohtaisia tutkimuksia.

Tutkimusten mukaan vähimmäisvaatimuksena logittimalleja siirrettäessä on vaihtoehtokohtaisten vakioiden uudelleen määrittäminen. Myös sosioekonomiset tekijät joudutaan tavallisesti tasokorjaamaan. Sen sijaan liikennejärjestelmää kuvaavat muuttujat kuten matka-aika ja matkakustannus kelpaavat usein sellaisenaan.

Mallimäärittelyt vaikuttavat voimakkaasti parametrien arvoihin ja mallin selityssasteeseen, minkä vuoksi mm. kävely- ja odotusaikoja suositellaan käsiteltäväksi malleissa erikseen. Tasokorjattaessa usean muuttujan ryhmää mallin kyky ennustaa muutosten vaikutuksia heikkenee. Joidenkin muuttujien poisjättäminen on mahdollista malleja siirrettäessä, jos kyseisiä muuttujia ei kohdealueella tunneta riittävän tarkasti. Tutkimuksista ei kuitenkaan selviä, miten poisjätetyn muuttujan mukanaolo olisi vaikuttanut mallien hyvyyteen tai kääntäen, miten alkuperäisen mallin kertoimet olisivat muuttuneet, jos malli olisi estimoitu uudelleen ilman kohdealueen malleista poisjätettyjä muuttujia.



Sopivan mallirakenteen on todettu vaihtelevan eri paikkakunnilla. Tämä vaikeuttaa mallien siirtämistä, jos kohdepaikkakunnalla on tehty hyvin vähän liikennetutkimuksia, jolloin sopivaa mallirakennetta ei voida testata. Helsingborgissa tehdyssä tutkimuksessa mallirakenne havaittiin huonoksi, minkä vuoksi logsum-muuttujan kerroin kiinnitettiin useimpien matkaryhmien malleissa ykköseksi. Toinen mahdollinen ja tulosten kannalta varmempi tapa olisi ollut mallirakenteen kääntäminen siten, että määräpaikan- ja kulkutavan valinta olisi mallinnettu eri järjestyksessä kuin alkuperäisissä malleissa. Näin tehtiin mm. Oslossa. Koska Helsingborgin tutkimuksen päätavoite oli linja-autoliikenteen tarpeen selvittäminen taajamissa, tutkimuksessa ei tarkasteltu mallirakenteen kääntämisen vaikutuksia malliparametreihin.

Tutkimustulokset eri haastattelumenetelmien hyvyydestä ja sopivuudesta kuhunkin tarkoitukseen ovat keskenään ristiriitaisia. Menetelmästä riippuen tulokset voivat poiketa toisistaan hyvinkin paljon. Mallien siirrettävyyden kannalta on tärkeää, että tutkimusmenetelmät lähtö- ja kohdealueella vastaa-  
vat toisiaan.

Tutkimusaineistot tulisi kerätä yhdenmukaisella tavalla ja kaikissa matkaryhmissä tulisi pyrkiä yhdenmukaisiin mallirakenteisiin. Tämä tarkoittaa tiedon sisällön ja menetelmien standardointia. Tutkimuksella tulisi selvittää, voitaisiinko yhdellä hyvällä ja perusteellisella mallityöllä saada malli, jota voisi siirtää esim. SP-aineiston avulla tai mitä vaatimuksia siirtäminen tarkemmin asettaa aineiston keräykselle siirron kohdepaikkakunnalla.

Yhtenä uutena tutkimusnäkökulmana voisi olla nk. inkrementaalisten logittimallien siirtämisen tutkiminen. Inkrementaalisia logittimalleja voidaan käyttää, jos kohdepaikkakunnalla ei tarvita täydellistä mallia vaan halutaan pohtia jotain erityistapausta. Mallilla voidaan laskea erilaisten toimenpiteiden vaikutuksia esimerkiksi liikenteen kulkutapajakaumaan, kun tunnetaan nykyiset kulkutapojen osuudet sekä valinnan hyötyfunktiot. Menetelmän etuna on, että tietoa tarvitaan vain niistä muuttujista, joita muutetaan. Tällöin kyseeseen siis saattaisi tulla pelkän SP-aineiston käyttö, mikä vähentäisi liikennetutkimuksissa tarvittavien lähtötietojen määrää.



## 6 YHTEENVETO

Raportissa on käsitelty liikenne-ennustemallien siirtämisessä käytettäviä menetelmiä ja referoitu erityisesti alueellista siirrettävyyttä koskevia tutkimuksia. Pääosa tutkimuksista käsittelee liikenne-ennustemallien alueellista siirtämistä kaupunkiliikenteessä. Tarkastelu painottuu logittimalleihin, koska useimmat, varsinkin sisäistä liikennettä koskevat mallijärjestelmät, joiden siirtämisestä on kokemuksia, on tehty logittimalleja käyttäen.

Liikenne-ennustemallien siirrettävyydellä tarkoitetaan tietylle paikalle tietyssä aikana tehdyn mallin soveltuvuutta käytettäväksi jossakin toisessa paikassa tai toisena ajankohtana. Tavallisesti liikenne-ennustemallien siirtämisellä tarkoitetaan alueellista siirtoa ja päivittämisellä ajallista siirtoa. Jotta mallit voivat olla siirrettäviä, tulee mallin parametrien olla mahdollisimman vakaita sekä ajan että paikan suhteen. Malleja siirrettäessä on myös varmistuttava, että mallien taustalla oleva teoria tukee siirtämistä ja että mallirakenne on siirrettävissä.

Kiinnostus mallien siirtämistä kohtaan johtuu mm. siitä, että mallin ajallinen siirrettävyys on edellytys sille, että mallia voidaan käyttää ennustamiseen. Jos mallit lisäksi ovat alueellisesti siirrettäviä, voidaan liikenne-ennusteita ja niihin liittyviä selvityksiä tehdä huomattavasti helpommin ja edullisemmin kuin jos mallit jouduttaisiin joka kerta estimoimaan uudestaan.

### Haastatteluaineiston vaikutus siirrettävyyteen

Riippumatta siitä siirretäänkö malleja vai tehdäänkö kokonaan uusia malleja, liikennemallien siirrettävyyden tutkiminen edellyttää, että alueella, jonne malleja siirretään, on tehty vastaavat matkatottumustutkimukset kuin lähtöalueella. Ero on aineiston määrässä ja siinä kuinka tarkkaa sen täytyy olla. Liikennemallin täydellinen uudelleen estimointi vaatii 2-4 kertaa enemmän haastatteluja kuin vaativastikin toteutettu mallin siirtäminen.

Mallien siirtäminen vaikeutuu, jos haastattelumenetelmä on erilainen lähtö- ja kohdealueella. Lisäksi tutkimustulokset eri haastattelumenetelmien hyvydestä ja sopivuudesta kuhunkin tarkoitukseen ovat keskenään ristiriitaisia, minkä vuoksi aineistojen erilaisuudesta aiheutuvien poikkeamien korjaaminen on vaikeaa.

Brögin ja Meyburgin [1981] mukaan henkilökohtaisista haastattelututkimuksista jäävät pois paljon matkoja tekevät, koska heitä on vaikeampi tavoittaa tai heillä on niin kiire, että he kieltäytyvät haastattelusta. Postikyselyssä matkojen määrä taas helposti tulee liian suureksi, koska henkilöt, jotka eivät tee matkoja, eivät myöskään vastaa kyselyyn.

Toisaalta Oslossa vuonna 1990 tehdyssä matkatottumustutkimuksessa kävely- ja pyöräilymatkat olivat kotihaastattelussa postikyselyä paremmin edustettuina, minkä vuoksi matkaluku kotihaastattelussa oli selvästi postikyselyä korkeampi.

Paitsi haastattelututkimuksista saatavaa tietoa käytetään mm. kulkutapamalleja siirrettäessä liikenneverkoista sijoittelemalla saatua tietoa. Hollannissa vuonna 1989 tehdyn tutkimuksen mukaan aika- ja kustannusmuuttujien määrittäminen SP-mallilla ja saadun tuloksen hyväksikäyttö RP-malleja estimoitaessa ei parantanut tulosta. Sen sijaan verkosta sijoittelemalla



saatujen ja SP-aineiston lisäkysymysten avulla tarkennettujen aika- ja kustannusarvojen käyttö johti hyviin tuloksiin.

### **Liikenne-ennustemallien siirrettävyyden tutkiminen**

Liikenne-ennustemallien siirrettävyyttä voidaan tutkia vertaamalla kahdella eri paikkakunnalla tehtyjä malleja tilastollisesti toisiinsa. Nollahypoteesi on tällöin mallien identtisyys ja perusajatuksena on tutkia olisiko olemassa jotain yleistä mallia, joka toimisi kaikkialla. Pääsääntöisesti on todettu, ettei tällaista yleispätevää mallia voi olla olemassa.

Toinen tapa on ajatella, että mallit ovat arvioita todellisuudesta. Tällöin ollaan kiinnostuneita siitä, voidaanko jonkin tietyn toimenpiteen vaikutuksia nykytilanteessa selittää jo aiemmin jossakin muualla tehdyillä malleilla. Siirretyn mallin ei tällöin tarvitse olla "oikea" uudessa kohteessa, vaan riittää, että sitä voidaan käyttää mahdollisimman hyvin hyödyksi.

Tardiff [1979] on osoittanut, että malleista poisjätetyt muuttujat saattavat vaikuttaa vaihtoehtokohtaisten vakioiden arvoihin ja kasvattaa niiden varianssia. Verrattaessa kahta samalla tavoin määriteltyä mallia eri tilanteissa keskenään, satunnaistermien keskiarvon ero on yleensä suhteellisen suuri, variansseilla ero on pienempi ja parametriarvoilla pienin. Tämän vuoksi nimenomaan vaihtoehtokohtaisten vakioiden uudelleenestimointi on perusteltua malleja siirrettäessä.

Muuttujien tasokorjaaminen on tarpeen, jos tasokorjauskerroin poikkeaa merkitsevästi ykkösestä. Jos tasokorjauskerroin ei poikkeaa merkitsevästi nolasta, alkuperäisen mallin muuttujat eivät selitä matkustuskäyttäytymistä kohdepaikkakunnalla.

Vaikka siirretyn mallin  $p^2$ -arvo olisi hyvä, malli ei välttämättä ennusta toimenpiteiden vaikutuksia hyvin. Jos matkatottumustutkimus ei ole edustava ja mallit siirretään ja kalibroidaan, saattavat lähtöaineiston puutteellisuudet heijastua mallituloksiin. Tällöin suoraan siirretty malli saattaa kuvata tarkasteltavaa asiaa parhaiten. Tästä esimerkkinä ovat Tukholmassa tehdyssä postikyselyssä ja kotihaastattelussa saadut erot. Kokonaan uudelleen estimoitu malli kuvasi kotihaastatteluaineistoa parhaiten, kun taas suoraan siirretyn mallin tulokset vastasivat parhaiten postikyselyä. Toisaalta eri toimenpiteiden vaikutuksia tarkasteltaessa kokonaan uudelleen estimoitu malli on yleensä varmin tapa oikeiden tulosten saamiseksi, vaikka suoraan siirretyn tai tasokorjatun mallin  $p^2$ -arvo olisikin hyvä.

### **Liikenne-ennustemallien siirtämisestä saatuja kokemuksia**

Useimmissa tutkimuksissa todetaan, että ihmiset eri kaupungeissa ja maissa reagoivat suunnilleen samalla tavoin matka-ajan ja matkakustannusten muutoksiin, kun muut olosuhteet vastaavat toisiaan. Sen sijaan sosioekonomisten tekijöiden vastaavuus on huonompi.

Vertailtaessa taajama-alueille ja haja-asutusalueille tehtyjä malleja on havaittu, että taajamiin tehty mallit ovat soveltuneet hyvin eri taajamiin, mutta siirto haja-asutusalueiden ja taajamien välillä ei ole antanut hyviä tuloksia.



Suomessa liikenne-ennustemallien siirrettävyyttä on tutkittu lähinnä kirjallisuuden perusteella. Oulun yliopistossa [Liikenneministeriö 1992] tehtiin vuonna 1990 kirjallisuusselvitys, jossa vertailtiin pääkaupunkiseudun, Jyväskylän, Oulun ja Rovaniemen seudun matkatuotomalleja. Työ osoitti matkatuotomallien siirrettävyyden eräiltä osin mahdolliseksi. Tutkimuksessa todettiin, että yksinkertaisilla maankäyttöä kuvaavilla muuttujilla on selvä korrelaatio matkustuskäyttäytymisen kanssa. Matkalukujen kuvaamisesta aluekohtaisten maankäytön muuttujien avulla ei kuitenkaan löydetty käytäntöön sovellettavia malleja. Tutkimuksessa todettiin, että matkalukujen kuvaaminen on mahdollista kulkutavoittain, sen sijaan kokonaismatkalukujen kuvaaminen on vaikeaa.

Fong-Lieh Ou ja Jason C. Yu [1982] ovat todenneet tutkimuksessaan, että suurkaupunkien matkatuotomallit ovat keskenään paremmin siirrettävissä kuin pikkukaupunkien mallit. Mallien siirrettävyys riippuu mm. muuttujien määrästä ja siitä, miten kysyntää mitataan. Selitettäessä matkatuotosta kotitalouden koolla, kaupungin toiminnallisten keskittymien määrällä ja kaupungin alueellisella sijainnilla mallit olivat siirrettävämpiä kuin jos matkatuotoksia selitettiin alueen autonomistuksella ja kotitalouden koolla.

Useimmat tutkimukset ovat käsitelleet kulkutapamallien siirtämistä. Tutkimusten mukaan nk. liikenteelliset muuttujat (ajoaika ja kustannukset) ovat parhaiten siirrettävissä. Sosioekonomisten muuttujien suora siirrettävyys ilman tasokorjausta ei yleensä ole mahdollista. Tähän vaikuttaa sosioekonomisten tekijöiden alueittainen vaihtelevuus.

Kokonaisten mallijärjestelmien siirtämistä on kokeiltu vain muutamia kertoja. Vuonna 1989 Ruotsissa kokeiltiin koko mallijärjestelmän siirtämistä Helsingborgiin. Siirretyt mallit olivat Göteborgista, Jönköpingistä ja hollantilaisesta Zuidveugel-tutkimuksesta. Liikenteellisten muuttujien siirto onnistui hyvin. Sosioekonomisten muuttujien siirtäminen ilman tasokorjausta ei kuitenkaan ollut mahdollista. Tämän arveltiin johtuvan mm. naisten työssäkäynnin eroista eri maissa.

Helsingborgin työ- ja ostosmatkamallien siirtämistä kokeiltiin myöhemmin hyvin tuloksin Osloon. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että tasokorjauskerrotoimien käyttöön liittyy riski, ettei liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutusta pystytä ennustamaan luotettavasti, jos tasokorjauskertoimella korjattavien muuttujien keskinäiset suhteet poikkeavat huomattavasti lähtö- ja kohdealueilla.

Suurin parannus kalibroimattomaan malliin verrattuna saatiin työmatkoilla, kun vaihtoehtokohtaiset vakiot estimoitiin uudelleen. Ostosmatkoilla suurin parannus saatiin, kun mallistruktuuri käännettiin ja mallit tasokorjattiin.

Tukholmassa 1990-luvulla laaditun laajan mallijärjestelmän siirtämistä kokeiltiin paria vuotta myöhemmin soveltuvin osin Trondheimiin. Vaikka matkustuskäyttäytyminen poikkesi paikkakunnilla toisistaan, myös näiden mallien siirtäminen onnistui melko hyvin.

Pitkämatkaisen liikenteen mallien siirtämistä on kokeiltu vuonna 1993 Norjasta Ruotsiin. Ongelmana malleja siirrettäessä oli, että Ruotsin matkatottumus-tutkimuksessa oli kysytty kotitalouden tuloja, kun taas Norjassa oli kysytty matkan tekijän tuloja. Paras tulos saatiin kaikissa matkaryhmissä malleilla, joissa mahdollisimman moni muuttuja oli tasokorjattu erikseen. Pelkän vaihtoehtokohtaisen vakion estimointia tutkimuksessa ei tarkasteltu.



### Johtopäätökset

Tutkimustulokset mallien ajallisesta siirrettävyydestä Bayesin menetelmällä ovat olleet hyviä, joten olisi suotavaa, että nyt pääkaupunkiseudulla ja Oulussa tehtävien mallien päivityksen yhteydessä tutkittaisiin myös tätä menetelmää muiden rinnalla. Myös SP-menetelmien käyttöä päivityksessä tulisi kokeilla.

Alueellisen siirrettävyyden osalta todettiin, että liikenne-ennustemallien siirtäminen onnistuu yleensä hyvin, jos alkuperäiset mallit ovat hyvin määriteltäviä. Tällä tarkoitetaan, että malliparametrit ovat vakaita sekä ajan että paikan suhteen ja että mallirakenteet eri malliryhmissä ovat yhdenmukaisia.

Mallit ovat siirrettävissä sitä paremmin, mitä enemmän lähtö- ja kohdealueen liikenteelliset olosuhteet vastaavat toisiaan. Yleisesti siirto siis onnistunee suurkaupunkien kesken ja ehkä myös keskikokoisten kaupunkien kesken. Johtopäätös Suomea ajatellen on, että meillä tulisi olla kaksi tai kolme perusmallia eri kokoisille kaupungeille esimerkiksi siten, että pääkaupunkiseudulla, Turussa ja Tampereella, joissa on melko kattavat joukkoliikenneyhteydet, käytettäisiin samoja malleja. Vastaavasti voitaisiin ajatella, että keskisuurissa kaupungeissa (esimerkiksi Oulussa, Lahdessa, Jyväskylässä, Kuopiossa jne.) ja pienissä kaupungeissa käytettäisiin omia mallejaan. Oikean jaon löytäminen edellyttää yksityiskohtaisia tutkimuksia.

Koska mallimäärittelyt vaikuttavat voimakkaasti kertoimien arvoihin ja mallin selitysasteeseen, suositellaan mm. kävely- ja odotusaikojen käsittelemistä erikseen. Joidenkin muuttujien poisjättäminen on mahdollista malleja siirrettäessä, jos kyseistä muuttujaa ei kohdealueella tunneta riittävän tarkasti. Tehdyistä tutkimuksista ei kuitenkaan selviä, miten poisjätetyn muuttujan mukanaolo olisi vaikuttanut mallien hyvyyteen.

Tutkimusaineistot tulisi kerätä yhdenmukaisella tavalla ja kaikissa matkaryhmissä tulisi pyrkiä yhdenmukaisiin mallirakenteisiin. Tämä tarkoittaa tiedon sisällön ja menetelmien standardointia. Tutkimuksella tulisi selvittää, voitaisiinko yhdellä hyvällä ja perusteellisella mallityöllä saada malli, jota voisi siirtää esim. SP-aineiston avulla tai mitä vaatimuksia siirtäminen tarkemmin asettaa aineiston keräykselle siirron kohdepaikkakunnalla.

Yhtenä uutena tutkimusnäkökulmana voisi olla nk. inkrementaalisten logittimallien siirtämisen tutkiminen. Inkrementaalisia logittimalleja voidaan käyttää, jos kohdepaikkakunta ei tarvitse täydellistä mallia vaan haluaa pohtia jotain erityistapausta. Mallilla voidaan laskea erilaisten toimenpiteiden vaikutuksia esimerkiksi liikenteen kulkutapajakaumaan, kun tunnetaan nykyiset kulkutapojen osuudet sekä valinnan hyötyfunktio. Menetelmän etuna on, että tietoa tarvitaan vain niistä muuttujista, joita muutetaan. Näin ollen kun siirrettävien mallien ominaisuuksista saadaan riittävästi tutkimustietoa, voidaan tutkimustarve kohdealueella määritellä sen mukaan, mihin tarkoitukseen malleja käytetään.

## 7 LÄHDELUETTELO

Abdelwahab W.M., (1991), Transferability of intercity disaggregate mode choice models in Canada, Canadian Journal of Civil Engineering, No.18, s.20-26.

Algers S., Colliander J. ja Widlert S., (1987), Logitmodellen - Användbarhet och generaliserbarhet, Byggforskningsrådet, rapport R30:1987.

Algers S., Lindqvist J., Tretvik T., Widlert S., (1994), Överföring av trafikmodeller i Norden. Nordisk Ministerråd. TemaNord 1994:552.

Atherton T.J. ja Ben-Akiva M.E., (1976), Transferability and Updating of Disaggregate Travel Demand Models, Transportation Research Record, No.610, s.12-18.

Ben-Akiva M.E. ja Lerman S., (1985), Discrete Choice Analysis - Theory and Application to Travel Demand, M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts.

Brand D. ja Cheslow M.D., (1981), Spatial, Temporal, and Cultural Transferability of Travel-Choice Models. In: Stopher P.R., A.H. Meyburg ja W. Brög (eds), New Horizon in Travel Behaviour Research, D.C. Heath and Co, Lexington, Massachusetts, s. 687-691.

Brög, W., Meyburg, A.H., (1981), Consideration of Nonresponse Effects in Large-Scale Mobility Surveys. Transportation Research Record 807. Transportation Research Board. National research Council. Washington D.C., s. 39-45.

Gunn H. ja Pol H., (1986), Model Transferability: The potential for increasing cost-effectiveness, Behavioural Research for Transport Policy, s. 217-243.

Gunn, H., (1991), Research into the Value of Travel Time Savings and Losses. The Netherlands 1985 to 1991. The Nordic Value of Time Seminar, Kirkkonummi, December. 20 s.

Hansen S., (1981), In Favor of Cross-Cultural Transferability of Travel-Demand Models. In: Stopher P.R., A.H. Meyburg ja W. Brög (eds), New Horizons in Travel Behaviour Research, D.C. Heath and Co., Lexington, Massachusetts, s. 637-651.

Hague Consulting Group, (1990), An Investigation of Alternative Methods to Update Forecasting Models: Including the Use of Stated Preference Data. Hague.

Koppelman F.S., Kuah G-K. ja Wilmot C.G., (1985), Transfer Model Updating with Disaggregate Data, Transportation Research Record, No. 1037, s. 102-107.

Liikenneministeriö, (1990), Liikenteessä kuluvan ajan arvo. Kirjallisuusselvityksen loppuraportti, Liikenneministeriön julkaisuja 2/1990, Helsinki, 45 s. + liite.



Liikenneministeriö, (1992), Liikennemallien siirrettävyys, Liikenneministeriön julkaisuja 10/92. Helsinki. 84 s.

Liikenneministeriö, (1993), Ajan arvo pitkämatkaisessa henkilöliikenteessä. Liikenneministeriön julkaisuja 32/93. Helsinki. 64 s.

Liikenneministeriö, (1994), Ajan arvo lyhytmatkaisessa henkilöliikenteessä. Liikenneministeriön julkaisuja 51/94. Helsinki. 44 s. + liitteet.

Louviere J., (1981), Some Comments on Premature Expectations Regarding Spatial, Temporal and Cultural Transferability of Travel Choice Models. In: Stopher P.R., A.H. Meyburg ja W Brög (eds), New Horizons in Travel Behaviour Research, D.C. Heath and Co., Lexington, Massachusetts, s. 653-663.

The MVA Consultancy, Institute of Transport Studies (University of Leeds) & Transport Studies Unit (University of Oxford), (1987), The Value of Travel Time Savings. London, Policy Journals. 221 s.

Ortúzar J. de D. ja Fernandez J.E., (1985), On the Stability of Discrete Choice Models in Different Environments, Transportation Planning and Technology, Vol. 10, s. 209-218.

Ortúzar J. de D. ja Willumsen L.G., (1990), Modelling Transport, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, West Sussex.

Ou Fong-Lieh ja Yu Jason C., (1982), Effect of Urban Character on Transferability of Travel Demand Models, Transportation Research, No. 874, s. 5-12.

Parody T.E., (1977), An Analysis of Disaggregate Mode Choice Models in Prediction, Transportation Research Record, No. 637, s 51-57.

Pekkarinen S., (1992a), Empirical Findings of the Determinants of the Variation in the Values of Travel Time Savings; an Application of Conditional Logit Models. XIV Kansantaloustieteen päivät. 23 s.

Pekkarinen S., (1992b), The Valuation of Travel Time in the Oulu City Transportation Study 1989-1990; an Application of Segmentation Analysis to the Variation in Values of Time. Manuscript. 21s.

Stopher P.R. ja Wilmot C.G., (1979), Work-Trip Mode-Choice Models for South Africa, Transportation Engineering Journal of ASCE, Vol. 105, No. TE6, s. 595-608.

Talvitie A., (1981), Refinement and application of individual choice models in travel demand forecasting. In: A guide to the development and application of disaggregate mode choice models. State University of New York at Buffalo.

Talvitie A., (1983), Liikenteen ennustemenetelmät ja niiden käyttö. In: Liikenne-ennusteet ja edullisuusvertailut. RIL K11-1983. s. 45-80.



Talvitie A.P. ja Kirshner D., (1978), Specification Transferability and the Effect of Data Outliers in Modelling the Choice of Mode in Urban Travel. Transportation 7, No.3 .

Tardiff T.J., (1979), Specification analysis for quantal choice models, Transportation Science, Vol. 13, No.3, s. 179-190.

Tieliikenteen ajokustannukset 1991, Tielaitos 1991, Helsinki. 42 s.

Train K., (1978), A Validation Test of Disaggregate Mode Choice Model, Transportation Research, Vol. 12, No.3, s. 167-174.

Väliharju R., (1994), Kaupunkiseutujen liikennetutkimukset, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampereen kaupunki, Hämeen tiepiiri, s 46.

Watson P.L ja Westin R.B., (1975), Transferability of Disaggregate Mode Choice Models, Regional Science and Urban Economics, No.5, s. 227-249.

Widlert S., (1990), Överföring av modeller till Hälsingborg, Transek AB.

## 8 KIRJALLISUUSLUETTELO

(Liikennemallien siirtämiseen liittyvät kirjat, raportit ja artikkelit, joihin on viitattu käytetyissä lähdeoteoksissa, mutta joita ei ole ollut käytettävissä tätä raporttia laadittaessa)

Daly A.J., (1985), A Study of Transferability of Disaggregate Mode Choice Models from Grenoble to Nantes, Cambridge Systematics Europe b.v., Haag.

Isobe T. ja Kawakami S., (1989), Development of travel-activity scheduling model considering time constraint and temporal transferability test of the model, Transport Policy, Management and Technology Towards, Vol.4, s. 221-233.

Koppelman F.S., (1977), Intra-urban Transferability of Disaggregate Choice Models, Unpublished paper, Department of Civil Engineering, Northwestern University, Evanston,[1].

McCoomb L.A., (1983), Analysis of the Transferability of Disaggregate Demand Models among Ten Canadian Cities, Transportation Forum, 3(1): 19-32.

Meland S. ja Tretvik T., (1991), RVU Trondheim 1990. Resultater for transportplanarbeidet, SINTEF Samferdselsteknikk. Rapport A91009, Trondheim.

Mouwitz J., (1992), Teknisk rapport för individundersökningen, Regionplane- och trafikkontoret, Storstockholms Lokaltrafik.

Pecknold W.M. ja Suhrbier J.H., (1977), Tests of Transferability and Validation of Disaggregate Behavioral Demand Models for Evaluating the Energy Conservation Potential of Alternative Transportation Policies in Nine U.S. Cities, Report prepared for the U.S. Federal Energy Administration, Office of Energy Conservation Policy, Cambridge Systematics, Inc., Cambridge, Massachusetts.

Rosenqvist G., (1991), Så reser vi i Stockholms län - Teknisk rapport och en jämförelse mellan hushållsundersökningen och individundersökningen, Stockholms läns landsting, AB Storstockholms Lokaltrafik.

Silman L.A., (1979), The Time Stability of a Disaggregate Modal-Split Model, Unpublished paper, Israel Institute of Transportation Planning and Research, Tel-Aviv.

Train K., (1976), Work-Trip Mode Split Models: An Empirical Exploration of Estimate Sensitivity to Model and Data Specification, Working paper No.7602, Urban Travel Demand Forecasting Project, University of California, Berkeley.



Tretvik, T., (1989), Logitmodeller for transportplanlegging-Matematiske modeller for reiseatferd basert på kvalitativ valdhandlingsteori, Doktor ingeniøravhandling 1989.27 J, Norges Tekniske Høgskole, Trondheim.

Tretvik T., (1990), Forprosjekt: Reisvaneundersøkelse i Trondheim 1990, SINTEF Samferdselsteknikk, Rapport A90001, Trondheim.

Tretvik T., (1991), Reisemiddelvalgmodeller for anvendelse i MOTORS SINTEF Samferdselsteknikk, N-718/91, Trondheim.

Tretvik T. ja Meland S., (1990), RVU Trondheim 1990. Planlegging, gjennomføring og foreløpige resultater, SINTEF Samferdselsteknikk, N-6999/90, Trondheim.

## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 48/1994 Tiensuunnitteltiedon ATK-arkistointisuositus. TIEL 3200257
- 49/1994 Tiesuolan käytön vähentämisen vaikutukset tienvarren mäntyyn (Pinus sylvestris): Neulasten suolapitoisuudet ja ulkoiset vauriot vuosina 1992-94. TIEL 3200258
- 50/1994 Panos-tuotosmallin käytön kehittäminen. TIEL 3200259
- 51/1994 Teiden talvisuolauksen vaikutus korroosiokustannuksiin. TIEL 3200260
- 52/1994 Ohituskäyttäytyminen leveäkaistaisella tiellä. TIEL 3200261
- 53/1004 Kalliomurskeiden tiivistyminen ja hienoneminen, loppuraportti. TIEL 3200262
- 54/1994 Liikkujan näkökulmaa korostava väyläympäristön suunnittelu. TIEL 3200263
- 55/1994 Liittymähakuisen maankäytön synnyttämä liikenne. TIEL 3200264
- 56/1994 Mieli- ja asennetieto tiensuunnittelun laatujärjestelmässä; Tiedonhankintaopas tiensuunnittelijalle. TIEL 3200265
- 57/1994 Päälysteen kunnostusmenetelmien edullisuusvertailu. TIEL 3200266
- 58/1994 Nastojen vähentämisen vaikutus kunnossapitokustannuksiin. TIEL 3200267
- 59/1994 Tampereen itäisen ohikulkutien sosioekonomiset vaikutukset. TIEL 3200268
- 60/1994 Tieliikenteen ruuhkien vaikutukset ja ruuhkakustannukset pääkaupunkiseudulla. TIEL 3200269
- 61/1994 Taajamarakenne ja autoistumisen aika. TIEL 3200270
- 62/1994 Comprehension of variable Message Signs for Road Conditions. TIEL 3200271E
- 63/1994 Esiselvitys automaattisesta liikkauksen havaitsemisesta liikenteessä. TIEL 3200272
- 64/1994 Nastarenkaiden vaikutus matkoihin ja kuljettajien riskinottoon. TIEL 3200273
- 65/1994 Automaattisten akselipainovaakojen mittaustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä. TIEL 3200274
- 66/1994 Teiden suolauksen pohjavesivaikutusten simulointi tyyppimuodostumissa. TIEL 3200275
- 67/1994 Maanvarainen tiepenger savikolla. TIEL 3200276
- 68/1994 DOR-menetelmän käyttö asfalttipäälysteiden tiiviyden määrittämisessä. TIEL 3200277
- 69/1994 Nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien onnettomuusriskit. TIEL 3200278
- 70/1994 Talviliikenteen järjestelyjen painopisteet. TIEL 3200279
- 1/1995 Kunnossapitoyhteistyön seurantakysely. Tuotannon palvelukeskus, Kuopio

ISSN 0788-3722  
ISBN 951-726-022-9  
TIEL 3200280